

Aamir QURAISHI

Rapport d'alternance de fin d'études (STA2)

Les échographes ultraportables : un outil en émergence dans les services sans pratique échographique spécialisée



DOI : <https://doi.org/10.34746/ids287>

Permalien : <https://travaux.master.utc.fr/formations-master/ingenierie-de-la-sante/ids287/>

Suiveur UTC : Rachid JELLALI

Maître de l'apprentissage : Eloge TINHAN et Zakaria ZAROUÏ

Université de Technologie de Compiègne

Master Ingénierie de la Santé – Technologies Biomédicales et Territoires de la Santé

Résumé

L'échographie est devenue un outil incontournable dans de nombreuses spécialités médicales, grâce à sa capacité à fournir des images dynamiques en temps réel, sans irradiation. Les appareils classiques offrent des images de très haute qualité, mais malgré leurs performances, plusieurs facteurs limitent leur utilisation partout : le coût, la taille, et la nécessité de les partager entre différents services.

Avec les nouvelles avancées technologiques, les échographes ultraportables ont émergé comme une nouvelle aide pour les praticiens, en combinant leur légèreté, leur connectivité et leur compacité. Grâce à ces innovations, ces appareils commencent à être intégrés dans les services non spécialistes en échographie, comme la médecine générale ou la médecine interne.

Ce rapport a pour objectif de présenter le large champ d'action de l'ingénieur d'application, tout en illustrant la croissance du marché des échographes ultraportables et les perspectives d'intégration de ces appareils dans les pratiques médicales futures.

Mots-clés : Échographie, Ultraportable, Point of Care Ultrason, Ingénieur d'applications

Abstract

Ultrasound has become an essential tool in many medical specialties, thanks to its ability to provide dynamic, real-time images without radiation exposure. While classic systems deliver very high-quality images, several factors such as cost, size, and the need to share devices between services limit their widespread use.

With new technological advances, ultraportable echographs have emerged as a new aid pour doctor, combining its lightness, connectivity and compactness. Thanks to these innovations, echographs are starting to be integrated into non-specialist services such as general and internal medicine.

This report aims to present the wide-ranging role of a Clinical Sales Specialist, illustrating the growing market for ultraportable ultrasound systems and exploring how these devices could continue to integrate into medical practice in the future.

Key words : Echography, Portable, Point of Care Ultrasound, Clinical Sales Specialist

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon manager et maître d'apprentissage, Eloge TINHAN, de m'avoir offert l'opportunité de rejoindre son équipe et de découvrir le monde de l'échographie au sein de GE Healthcare.

Je tiens à remercier tout particulièrement Zakaria ZAROUÏ, ingénieur d'application avancé, qui m'a servi de deuxième tuteur. Il a été toujours présent pour m'accompagner, me conseiller et s'impliquer dans mon intégration.

Je remercie Tien TRAN et Carole BRONNER, ingénieurs d'applications en Île-de-France, qui m'ont confié de nombreuses missions en pleine autonomie sur le secteur, pour leur accueil et tout ce qu'ils m'ont appris. Merci également à Franck DENNEBOUY de m'avoir donné des opportunités de réaliser des démonstrations et d'organiser et animer des formations.

Je souhaite également remercier Fatih, mon collègue apprenti, avec qui j'ai pu échanger, progresser et travailler tout au long de cette période.

Je remercie toute l'équipe CVUS/PoC pour son aide et son accompagnement pendant cette période.

Je remercie mon tuteur de l'UTC, Monsieur Rachid JELLALI, pour son suivi et ses conseils.

Enfin, je tiens à remercier Madame Isabelle CLAUDE et Monsieur Jean-Matthieu PROT, mes responsables de master, pour m'avoir permis d'intégrer ce master et de réaliser cet apprentissage.

Liste des abréviations

A2C : Apicale deux cavités

A3C : Apicale trois cavités

A4C : Apicale quatre cavités

A5C : Apicale cinq cavités

CL : Convexe + Linéaire (pour la sonde Vscan Air™ CL)

CMH : Cardiomyopathie hypertrophique

CVUS : Cardiovascular Ultrasound

DICOM : Digital Imaging and Communications in Medicine

ECG : Électrocardiogramme

ETO : Échocardiographie transœsophagienne

ETT : Échocardiographie transthoracique

FE : Fraction d'éjection

GI : General Imaging

IA : Intelligence artificielle

IVC : Inferior Vena Cava (veine cave inférieure)

LVOT : Left Ventricular Outflow Tract (tractus d'éjection du ventricule gauche)

MSK : Musculo-squelettique

PGAX : Parasternal grand axe

PoC : Point-of-Care

POCUS : Point-of-Care Ultrasound

PSAX : Parasternal petit axe

SC : Sous-costale

SFAR : Société Française d'Anesthésie et de Réanimation

SL : Sectorielle + Linéaire (pour la sonde Vscan Air™ SL)

SSN : Supra-sternale

WHS : Women's Health Segment



Table des figures

Figure 1 - Carte de différents sites de GE Healthcare en France [13] (interne) 9

Figure 2 - Les différents secteurs de l'équipe applicative [13] (interne)..... 10

Figure 3 - Schéma du trinôme : ingénieur d'application, commercial, technicien (source : auteurs) 11

Figure 4 - Le Vivid™ E95 [13] (interne)..... 12

Figure 5 - Famille Venue™ [13] 13

Figure 6 - Schéma des évolutions technologiques en échographie..... 14

Figure 7 - Schéma de circulation sanguine dans le cœur [12]. 17

Figure 8 - les différentes valves cardiaques [4] 17

Figure 9 – L'activité électrique du cœur avec ECG [19]..... 18

Figure 10 - Vscan Air™ CL [13]..... 22

Figure 11 - Images abdominales prises avec le Vscan Air™ CL [13] 23

Figure 12 - Vscan™ Air SL [13] 23

Figure 13 - Images cardiaques et vasculaires prises avec le Vscan Air™ CL [13] 24

Figure 14 - Philips Lumify™S4-1 [21]..... 25

Figure 15 - Mindray TE Air i3P [20] 25

Figure 16 - Le Butterfly iQ+ [19] 26

Figure 17 - Exemple d'outil Needle sur le iQ3 [19] 27

Figure 18 - Sonde convexe de Clarius [18]. 27

Figure 19 - Exemple de l'appareil similaire que le Vscan Air™ S/L [6]..... 34

Liste des tableaux

Tableau 1 - Synthèse des principales coupes échocardiographiques [3]..... 19

Tableau 2 - Comparatif des échographes ultraportables les plus utilisés (source : auteurs) 28

Tableau 3 - SWOT du Vscan Air™ (source : auteurs) 29



Table des Matières

Résumé..... 2

Abstract 2

Remerciements 3

Abréviations 4

Table des figures 5

Liste des tableaux..... 5

Table des Matières 6

Introduction 8

I. Présentation de l’organisme d’accueil 9

 1.1. L’historique de GE Healthcare..... 9

 1.2. GE Healthcare en France..... 9

 1.3. Organisation de l’équipe CVUS/PoC..... 10

 1.3.1. Interactions au sein de l’équipe et impact sur mes missions 11

 1.4. Concurrence..... 11

 1.5. Environnement technologique en Échographie 13

II. La vie d’ingénieur d’application en CVUS/PoC..... 15

 2.1. Description générale du métier 15

 2.2. Les spécificités en CVUS/PoC..... 15

 2.3. Les missions qui m’ont été confiées..... 16

 2.3.1. L’anatomie et physiologie cardiaque..... 16

 2.3.2. L’importance des bases d’échocardiographie..... 18

III. L’intégration d’un échographe ultraportable..... 21

 3.1. Contexte et origine du projet..... 21

 3.2. La croissance du marché d’échographes ultraportables..... 21

 3.3. Le Vscan Air™ – l’innovation en double sonde 22

 3.3.1. Vscan Air™ CL 22

 3.3.2. Vscan Air™ SL 23

 3.4. Un marché avec forte concurrence..... 24

 3.4.1. Philips Lumify™ 25

 3.4.2. Mindray TE Air i3P..... 25

6



- 3.4.3. Butterfly iQ+™ et IQ3™ 26
- 3.4.4. Clarius..... 27
- 3.5. Focus sur la médecine générale et d’autres services..... 29
 - 3.5.2. Les limitations avec l’implémentation 30
 - 3.5.3. La croissance de la Primary Care de GE Healthcare..... 31
- 3.6. Les critiques et limites de Vscan Air™ et des ultraportables 32
- 3.7. Initiatives et dérives observées sur le marché des échographes des ultraportables. .. 33
 - 3.7.2. Le développement d’un ultraportable français 33
 - 3.7.3. Les dérives du marché : exemple d’une duplication non officielle du Vscan Air™ 34
- IV. Bilan final..... 35
 - 4.1. Réflexion finale sur mon parcours 35
 - 4.1.2. Les liens avec ma formation..... 36
 - 4.2. L’ingénieur d’applications dans le futur 36
- V. Conclusion..... 37
- Bibliographie 38
- Annexes 41

Introduction

L'imagerie médicale est un outil principal pour diagnostiquer de nombreuses maladies. Dans les grands hôpitaux, les médecins disposent de scanners, d'IRM ou d'échographes de haute performance. Mais qu'en est-il dans les pays en développement ou les zones rurales, où l'accès à ces équipements reste très limité ? Dans ces contextes, l'échographe ultraportable peut faire toute la différence : léger, facile à utiliser et connecté, il permet de poser un diagnostic rapidement, même loin des centres hospitaliers.

L'échographie, en particulier, est l'une des modalités d'imagerie le plus utilisées. Cette technique non invasive repose sur l'utilisation des ultrasons pour analyser en temps réel l'intérieur du corps humain [26]. Depuis plusieurs décennies, elle constitue un outil indispensable dans des spécialités comme la cardiologie, la radiologie et la gynécologie-obstétrique, où son usage est quotidien et parfaitement structuré.

Ces dernières années, les progrès technologiques ont permis l'émergence d'échographes ultraportables qui sont devenus plus compacts, légers, ergonomiques et connectés. Ces appareils ne sont pas conçus pour remplacer les échographes classiques dans les grands services médicaux, mais plutôt pour offrir une solution d'appoint, facilement transportable, que l'on peut garder à portée de main et utiliser lorsqu'aucun échographe traditionnel n'est disponible.

Il existe plusieurs modèles sur le marché, tels que le Vscan Air™ SL et le Vscan Air™ CL de GE Healthcare. Ces échographes à double sonde sans fil nécessitent l'installation d'une application dédiée sur un smartphone ou une tablette (IOS ou Android). Une fois l'application téléchargée, l'appareil se connecte via Bluetooth et Wi-Fi. Malgré leur format compact, ils offrent une excellente qualité d'image et intègrent des fonctionnalités comparables à celles des échographes classiques, comme le Mode-B, le TM, le Doppler couleur et le Doppler pulsé [13].

Récemment, ces appareils ont commencé à être intégrés dans une large gamme de services, notamment ceux qui s'inscrivent dans la logique du Point-of-Care Ultrasound (POCUS), mais aussi dans des services qui n'avaient pas l'habitude de pratiquer l'échographie, comme la médecine générale et la médecine interne.

Dans ce contexte, en tant qu'ingénieur d'application en échographie cardiovasculaire et point-of-care, mon rôle a été de réaliser des démonstrations dans ces différents services afin de montrer comment l'échographie pouvait s'intégrer dans leurs pratiques quotidiennes.

Ce rapport d'apprentissage se concentre sur le métier d'ingénieur d'application chez GE Healthcare, en mettant l'accent sur mon rôle dans l'intégration d'un échographe ultraportable dans un service non spécialisé en échographie. Il explique également les activités réalisées au cours de cette mission : la formation personnelle, l'organisation des formations, la participation en congrès et aussi l'accompagnement des équipes dans la prise en main.

I. Présentation de l'organisme d'accueil

1.1. L'historique de GE Healthcare

GE Healthcare est une des plus grandes branches de General Electric, un groupe industriel fondé en 1889 par Thomas Edison à la suite de la fusion de deux autres entités. En janvier 2023, GE Healthcare est devenue une entité indépendante à la suite de la séparation des activités de General Electric pour devenir une entreprise indépendante pour renforcer leur position de leader mondial des technologies de santé [2],[13].

L'entreprise est présente dans plus de 160 pays et emploie environ 51,000 collaborateurs et 1800 ingénieurs d'applications et R&D dans le monde. Avec un chiffre d'affaires de près de 19,6 milliards de dollars, GE Healthcare cherche toujours à évoluer pour aider plus de gens mondialement [13].

1.2. GE Healthcare en France

Le siège européen de GE Healthcare se trouve en France, plus précisément à Buc, dans les Yvelines. Ce site joue un rôle clé dans les activités de recherche et développement, de production et de services (cf : [figure 1](#)). Le site de Buc est un pôle d'expertise mondial pour l'imagerie interventionnelle, la mammographie, les logiciels de visualisation avancée et l'intelligence artificielle appliquée à l'imagerie médicale. Récemment, Buc a accueilli la première ligne de production de scanner en France [13].

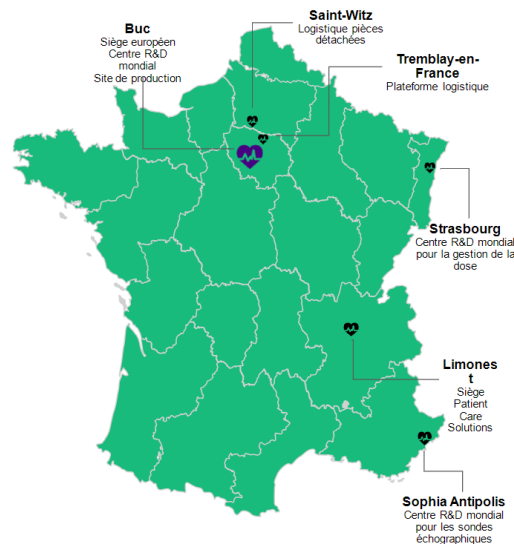


Figure 1 - Carte de différents sites de GE Healthcare en France [13] (interne)

GE Healthcare se structure autour de quatre grandes divisions : Imaging, Advanced Visualisation Imaging, Patient Care Solutions (PCS) et Pharmaceutical Diagnostics (PDx) [13].

L'échographie fait partie de l'imagerie, mais, en raison de sa diversité et son large champ d'application, elle se constitue une division distincte.

Contrairement aux autres entreprises qui distribuent des appareils d'échographie, GE Healthcare a structuré sa division d'échographie en fonction de ses domaines d'application : CVUS/PoC pour la cardiologie et la médecine de premier recours, WHS pour la gynécologie et l'obstétrique, et GI pour la radiologie [13].

1.3. L'organisation de l'équipe CVUS/PoC

GE Healthcare a structuré son équipe échographie de manière à répondre aux spécificités des différentes applications cliniques. En ce qui concerne la division CVUS/PoC, il s'agit de la plus grande des trois divisions échographie.

Elle est organisée autour d'un chef de produit CVUS, qui assure également la fonction de manager pour l'ensemble des ingénieurs d'applications. Un chef de produit PoC a récemment rejoint l'équipe pour renforcer la coordination sur ce segment. Les deux chefs de produit sont sous la responsabilité du responsable marketing et de l'éducation clinique, qui supervise l'ensemble des activités échographiques.

L'équipe est composée de 11 ingénieurs d'application, dont 2 ingénieurs d'application avancés : l'un spécialisé en CVUS/PoC, intervenant sur l'ensemble du territoire national, et l'autre dédié spécifiquement au PoC. En complément, l'équipe comprend également 2 apprentis et 2 stagiaires.

Les ingénieurs sont divisés par secteur géographique (voir [figure 2](#)), avec en moyenne deux ingénieurs par secteur, sauf dans le nord-est et le nord-ouest, où la couverture est organisée différemment en fonction des ressources.



Figure 2 - Les différents secteurs de l'équipe applicative [13] (interne)

Chaque secteur comprend également deux commerciaux : un dédié au secteur public et un au secteur privé. En Île-de-France, deux commerciaux sont affectés au secteur privé. Tous les commerciaux sont placés sous la responsabilité du manager des ventes.

Enfin, des techniciens assurent l'installation et la maintenance des équipements sur les trois segments échographiques, eux aussi divisés par secteur afin d'assurer un suivi de proximité.

1.3.1. Interactions au sein de l'équipe et impact sur mes missions

Dans notre équipe et dans ce métier, la relation entre l'ingénieur d'application, le commercial et le technicien est essentielle (cf : [figure 3](#)). Ce trinôme assure le bon déroulement des différentes étapes : démonstration, vente et post-vente.

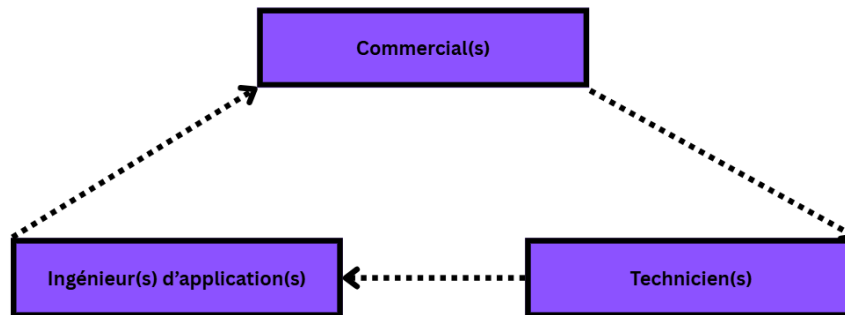


Figure 3 - Schéma du trinôme : ingénieur d'application, commercial, technicien (source : auteurs)

Pendant mon apprentissage, j'ai travaillé à plusieurs reprises dans ce trinôme, en étroite collaboration avec les commerciaux et les techniciens. Par exemple, après avoir reçu les informations de mon commercial, j'intervenais pour réaliser les démonstrations, puis les installations étaient effectuées en binôme avec le technicien.

Récemment, j'ai réalisé une prise en main d'un appareil. Mon commercial m'a donné le contexte : l'établissement, le service, le médecin concerné et les informations sur l'installation prévue par le technicien. J'ai ensuite contacté le technicien pour confirmer les détails, vérifier qu'il connaissait bien les options choisies et savoir s'il comptait apporter l'appareil au service en mon absence. Lors de la planification du rendez-vous, j'ai veillé à tenir informés à la fois le technicien et le commercial, notamment ce dernier, car il s'agissait de ses clients.

J'ai appris que la réussite de ces missions repose sur une bonne organisation et un partage constant des informations : il est indispensable que chacun ait connaissance des détails de l'appareil vendu, des options choisies par le client et des modalités d'organisation des rendez-vous. Le bon fonctionnement de ce trinôme facilite réellement la majorité des missions et contribue à une meilleure satisfaction des clients.

1.4. Concurrence

GE Healthcare occupe une position importante sur le marché de l'échographie en France et à l'international, mais le marché reste vraiment compétitif avec des concurrents qui aussi fabriquent de bons échographes.

Dans le domaine de l'échographie cardiovasculaire, GE Healthcare occupe la place de leader avec environ 65 % de parts de marché en France. Cette position repose sur la performance

de la gamme Vivid™ conçue pour répondre aux besoins des cardiologues dans les CHU ou même les petits cabinets privés. Parmi les modèles les plus vendus figurent le Vivid™ S70N et le Vivid™ T9, particulièrement appréciés pour leur équilibre entre performances avancées et coût maîtrisé. Ces deux appareils sont moins chers que les modèles haut de gamme, tout en offrant une image de très belle qualité. Ce sont des machines compactes : le Vivid™ S70N se positionne comme un compact premium avec la technologie cSound™, qui en fait l'un des meilleurs systèmes 2D disponibles pour les examens cardiovasculaires [13].

Sur le segment haut de gamme, le Vivid™ E95 (cf : [figure 4](#)) reste le modèle de référence de GE Healthcare. Le principal concurrent sur le segment reste Philips avec son système EPIQ™ CVx nSight Plus, qui est l'équivalent direct du Vivid™ E95 [13].

Le VIVID E95™ se distingue par [13] :

- Une qualité d'image exceptionnelle en 2D, offrant une clarté et une précision inégalées.
- Des performances premium en échographie 4D, qui en font l'outil de choix pour les cardiologues exigeants en matière de diagnostic avancé [13].
- Son formateur de faisceau, le cSound™ Adapt, offre de belles images, même avec des patients difficiles, grâce à sa capacité d'optimiser les contrastes et la résolution d'image.



Figure 4 - Le Vivid™ E95 [13] (interne)

Grâce à ces atouts, le Vivid E95™ s'impose comme la machine d'expertise par excellence en échocardiographie.

Cependant, des nouvelles problématiques concurrentielles émergent avec Samsung, notamment avec leur modèle le CV8, un appareil cardiovasculaire offrant une bonne qualité d'image en 2D et 4D à un prix nettement inférieur. Ce modèle permettra à certains établissements de maîtriser leurs coûts tout en offrant une solution adaptée à leurs besoins en cardiologie.

Dans le domaine du Point-of-Care, GE Healthcare fait face à une forte concurrence sur un marché en pleine expansion et très dynamique. La solution principale proposée par GE est la gamme Venue™ (voir [figure 5](#)), composée d'appareils tactiles et mobiles conçus pour s'adapter

aux environnements critiques, tels que les urgences, la réanimation ou l’anesthésie. Ces machines ont été développées pour être simples et rapides à utiliser, répondant aux besoins de services qui évoluent dans des situations souvent instables et nécessitent des outils immédiatement opérationnels. Elles permettent néanmoins de réaliser un large éventail d’actes échographiques grâce à l’intégration de multiples outils automatiques adaptés au contexte clinique.



Figure 5 - Famille Venue™ [13]

Parmi les concurrents directs, on retrouve des appareils tels que ceux de Mindray, souvent considérés comme des références sur ce segment. Leur série TEX20, positionnée sur le haut de gamme du PoC, propose des caractéristiques avancées : écran rotatif, commandes vocales pour une utilisation mains libres et doppler tissulaire pour l’imagerie cardiaque. Un des atouts majeurs du TEX20 est également son prix particulièrement compétitif par rapport aux solutions équivalentes proposées par les autres acteurs du marché, ce qui le rend très attractif pour de nombreux établissements [13].

Dans ce contexte, le Vscan Air™ constitue la réponse de GE Healthcare à l’évolution du marché. Il s’agit d’un appareil ultraléger, sans fil, doté d’une connectivité moderne et qui permet de réaliser rapidement des échographies, tout en produisant de belles images.

La concurrence devient également de plus en plus forte sur ce segment, avec des acteurs majeurs comme Mindray, qui propose des sondes ultraportables aux caractéristiques avancées et à un prix compétitif, ce qui les rend attractives pour de nombreux établissements. On retrouve également le Lumify™ de Philips, ainsi que des appareils proposés par Butterfly et Clarius, tous positionnés sur la compacité et la facilité d’utilisation.

1.5. Environnement technologique en échographie

Les utilisateurs attendent aujourd’hui des technologies qui répondent à leurs besoins pratiques et améliorent leur quotidien (cf : [figure 6](#)). GE Healthcare suit pleinement cette logique, en particulier dans le domaine de l’échographie cardiovasculaire et du point-of-care.

L'intelligence artificielle (IA) occupe une place de plus en plus importante. Aujourd'hui, presque tous les échographes sont équipés de systèmes d'IA, qu'il s'agisse d'outils permettant de réaliser des mesures automatiques ou de fonctionnalités plus avancées, comme le calcul du strain en seulement 15 secondes après l'acquisition des coupes. Ces outils sont fiables et aident les médecins à être plus productifs et à gagner un temps important.

La connectivité est également un besoin majeur, souvent lié à d'autres évolutions. Les échographes actuels peuvent se connecter au réseau hospitalier via Wi-Fi, permettant un archivage sécurisé des données des patients. De plus, grâce à des technologies comme Rofim, les échographes de la gamme Vivid™ permettent de créer un réseau entre cardiologues pour partager des images et des boucles échographiques de manière simple et rapide.

L'ergonomie des appareils est un facteur essentiel, quel que soit le service. C'est l'une des raisons pour lesquelles des modèles comme le Vivid™ S70 ou le Vivid™ T9 comptent parmi les plus vendus : leur compacité et leur design facilitent leur intégration dans des environnements médicaux souvent contraints en espace. Cette attention portée à l'ergonomie se retrouve également dans la gamme Venue™, conçue comme une solution mobile et tactile qui accélère la prise en main dans les services très sollicités.

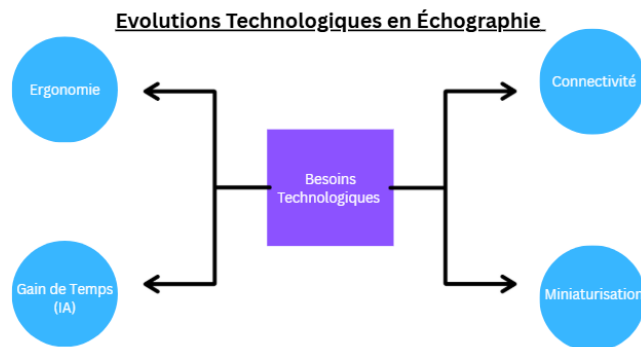


Figure 6 - Schéma des évolutions technologiques en échographie

Enfin, l'une des tendances majeures actuelles est la miniaturisation des équipements. Cette évolution s'aligne sur les principes d'ergonomie en proposant des appareils extrêmement compacts et faciles à déployer, répondant ainsi aux exigences des services nécessitant un équipement léger et rapidement fonctionnel. Cela concerne autant les environnements critiques que les praticiens souhaitant intégrer l'échographie dans leur pratique quotidienne.

Ces évolutions technologiques et les besoins auxquels elles répondent constituent le cadre dans lequel s'inscrit mon rôle au sein de GE Healthcare. La partie suivante présente le métier d'ingénieur d'application et les missions qui m'ont été confiées dans ce contexte en pleine transformation.

II. La vie d'ingénieur d'application dans l'équipe CVUS/PoC

2.1. Description générale du métier

L'ingénieur d'application occupe un rôle essentiel dans le domaine des dispositifs médicaux. Il intervient comme un acteur clé entre la technologie et les professionnels de santé, avec pour objectif de garantir que les équipements sont correctement intégrés dans les services et utilisés de manière optimale au quotidien.

Les missions s'articulent autour des plusieurs axes :

- Les démonstrations avant-ventes : réalisées en collaboration avec les équipes commerciales, ces démonstrations ont pour objectif de présenter les appareils le plus adaptés aux besoins identifiés.
- L'installation : Souvent menée avec les techniciens, cette étape permet à l'ingénieur d'application d'assurer une première prise en contact avec les utilisateurs, de vérifier les réglages initiaux et parfois de réaliser les premiers essais directement après.
- La formation des utilisateurs : cette étape constitue la prise en main réelle des échographes. L'ingénieur organise et anime des sessions de formation destinées aux utilisateurs principaux, en adaptant le contenu aux pratiques quotidiennes des équipes.
- Le suivi clientèle : cette mission s'inscrit dans la continuité de la formation. Il peut s'agir d'une visite planifiée quelques mois après l'installation, pour vérifier que tout fonctionne correctement, ou d'une intervention à la suite d'une demande spécifique d'un utilisateur.
- L'organisation des formations en complément : Souvent organisées avec des établissements de santé ou d'autres entreprises du secteur, ces formations servent à mettre en valeur nos dispositifs et à aider les professionnels à développer leurs compétences.
- La participation au congrès : Les congrès constituent un moment stratégique pour l'entreprise, permettant des rencontres avec la clientèle, des opportunités de réseautage et la possibilité de développer de nouveaux contacts ou projets.

2.2. Les spécificités en CVUS/PoC

L'échographie cardiovasculaire est un des examens les plus importants pour les médecins, quel que soit le service, car elle permet une évaluation en temps réel des structures et des fonctions cardiaques. Cet examen est indispensable pour le diagnostic, le suivi, et parfois aussi pour la réalisation d'interventions lors des opérations. Le fait qu'il s'agisse d'un outil non invasif, capable de fournir des informations essentielles sur le cœur et les vaisseaux, montre son importance dans la pratique quotidienne des professionnels de santé.

Dans la partie cardiovasculaire, il existe trois applications principales : l'échocardiographie transthoracique (ETT), l'échocardiographie transœsophagienne (ETO), et les examens vasculaires, souvent réalisés avec le Doppler.

Au-delà des connaissances techniques des appareils, il est essentiel de maîtriser les enjeux cliniques pour s'adapter aux besoins des médecins et surtout pour établir la meilleure relation possible avec eux.

L'échographie en POCUS fonctionne de manière très différente, même si cela représente environ 30 % de notre activité. Elle nécessite de solides compétences sur l'ensemble du corps humain. Par exemple, le service d'urgences se pratique de manière très rapide : les praticiens examinent l'ensemble du corps, mais avec une analyse qui est différente de celle d'un radiologue ou d'un cardiologue. Par exemple, en service d'urgences, les examens sont réalisés très rapidement : les praticiens explorent tout le corps, mais avec une approche différente de celle d'un radiologue ou d'un cardiologue. Par exemple, un cardiologue va calculer la fraction d'éjection (FE) à l'aide des outils disponibles sur l'échographe, tandis qu'un urgentiste va principalement observer le remplissage et le vidage du cœur en vue apicale pour en tirer une analyse rapide de la fonction cardiaque [\[13\]](#).

Il est donc important de se former dans les différents domaines du POCUS tout en ayant une bonne maîtrise des aspects techniques des appareils. Il existe plusieurs services concernés par le POCUS, comme l'hépatogastroentérologie, la néphrologie ou encore le musculosquelettique (MSK). Il est donc important de posséder de solides connaissances en anatomie et en physiologie.

2.3. Les missions qui m'ont été confiées

Avant de réaliser ces missions, la phase de formation a été une étape obligatoire et complexe. Cette période intensive de six mois m'a permis d'acquérir des connaissances approfondies en anatomie et physiologie cardiaque, indispensables pour comprendre les examens et accompagner les cardiologues dans leurs pratiques.

2.3.1. L'anatomie et physiologie cardiaque

Il est important d'acquérir des connaissances en anatomie et physiologie cardiaque pour plusieurs raisons : cela permet de mieux comprendre l'utilisation des ultrasons, de maîtriser le fonctionnement des appareils, et de saisir comment ces derniers sont liés aux différentes structures et aux phases du cycle cardiaque.

Le cœur est un organe musculaire situé dans la cage thoracique, en arrière du sternum et légèrement décalé vers la gauche. Une paroi, le septum interventriculaire, divise le cœur en deux parties : un cœur droit et un cœur gauche. Chaque moitié comporte deux cavités : une oreillette et un ventricule, reliés entre elles par une valve auriculo-ventriculaire [\[12\]](#).

Le cœur fonctionne comme une pompe qui propulse le sang dans tout l'organisme, assurant ainsi l'alimentation en oxygène des tissus et organes [12].

Pour comprendre un peu plus, il faut regarder la circulation du sang dans le cœur pour voir la liaison entre tous ses partis. Le sang pauvre en oxygène provenant de l'ensemble du corps arrive dans l'oreillette droite, qui, en se contractant, le dirige vers le ventricule droit. À ce moment, la valve entre ces deux cavités se ferme, puis le ventricule droit se contracte à son tour pour envoyer le sang dans le tronc pulmonaire. La valve pulmonaire se ferme ensuite pour empêcher le reflux, et le sang est acheminé vers les poumons où il est réoxygéné [12] (cf : figure 7).

Le sang riche en oxygène issu des poumons revient dans l'oreillette gauche. Cette cavité se contracte et pousse le sang dans le ventricule gauche. La valve mitrale se ferme alors, puis le ventricule gauche expulse le sang dans l'aorte, qui le distribue à l'ensemble du corps. La valve aortique se ferme ensuite pour éviter un retour du sang dans le cœur [12].

Par ailleurs, le cœur se nourrit lui-même grâce aux artères coronaires, qui partent de l'aorte et assurent l'apport en oxygène aux tissus cardiaques [12].

Les deux côtés du cœur fonctionnent de manière synchronisée : d'abord les oreillettes se contractent ensemble, puis ce sont les ventricules qui se contractent simultanément pour propulser le sang dans les circuits pulmonaires et systémiques [12].

Les valves cardiaques jouent un rôle essentiel et sont largement étudiées en échographie. Comme mentionné précédemment, elles séparent les différentes cavités du cœur et garantissent une circulation sanguine efficace. Chaque valve est constituée de deux ou trois feuillets, appelés valvules, qui s'ouvrent pour permettre le passage du sang dans le bon sens et se referment pour éviter tout reflux arrière [11].

Il existe 4 grandes valves au niveau du cœur (cf : figure 8) :

- La valve aortique entre le ventricule gauche et l'aorte,
- La valve pulmonaire entre le ventricule droit et l'artère pulmonaire,

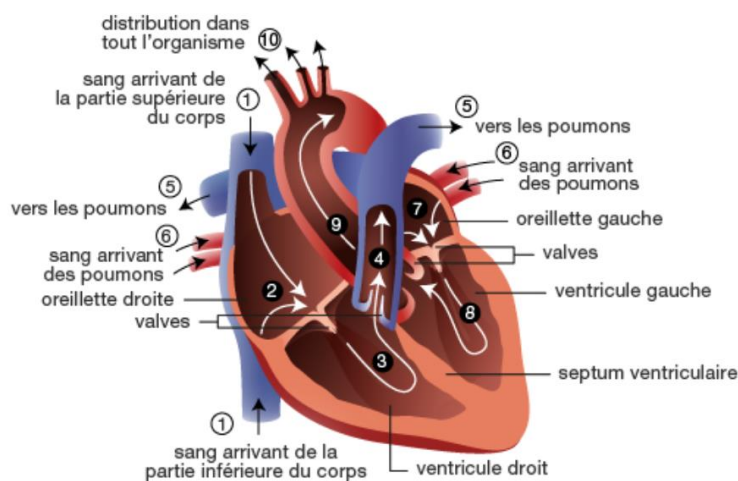


Figure 7 - Schéma de circulation sanguine dans le cœur [12].

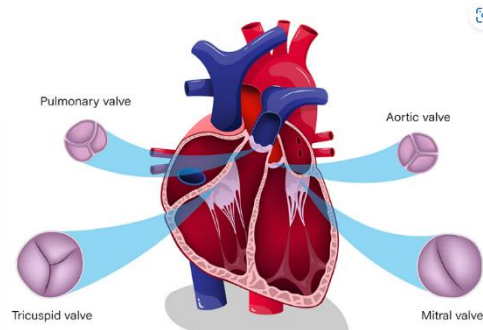


Figure 8 - les différentes valves cardiaques [4]

- La valve tricuspide entre l'oreillette droite et le ventricule droit,
- La valve mitrale entre l'oreillette gauche et le ventricule gauche [11].

La prochaine étape consiste à relier ces informations au cycle cardiaque. Le rythme cardiaque comporte deux composantes principales :

- La composante mécanique, qui correspond au cycle cardiaque lui-même, constitué de phases de contraction (systole) durant lesquelles le ventricule gauche éjecte le sang hors du cœur, et de phases de relaxation (diastole) permettant le remplissage des cavités cardiaques [10].
- La composante électrique, représentée par l'électrocardiogramme (ECG) (cf : [figure 9](#)) qui commande et précède l'activité mécanique. L'ECG et le cycle cardiaque sont étroitement synchronisés : l'activité électrique déclenche les contractions qui assurent la fonction de pompe du cœur [10].

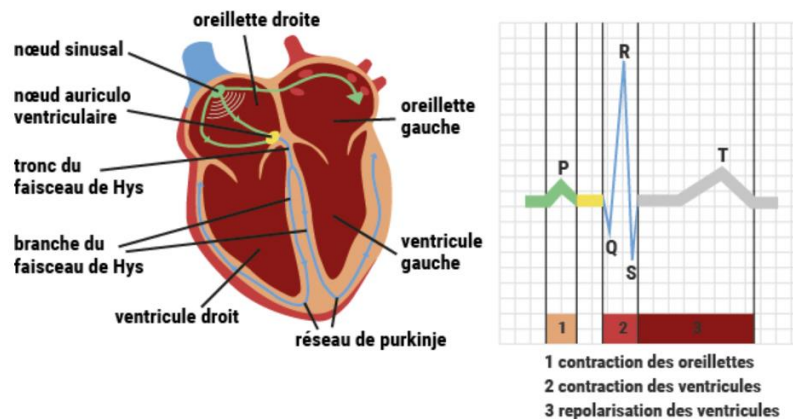


Figure 9 – L'activité électrique du cœur avec ECG [19].

2.3.2. L'importance des bases d'échocardiographie

L'échocardiographie est une spécialité essentielle qui nécessite d'apprendre le déroulement des examens de A à Z, depuis la préparation du patient jusqu'à l'acquisition des différentes coupes et la réalisation des mesures. Je suis encore en apprentissage, car il y a toujours des choses à découvrir et à approfondir pour devenir un excellent ingénieur d'application.

Comme évoqué précédemment, il existe trois grands types d'examens échocardiographiques : l'échocardiographie transthoracique (ETT), l'échocardiographie transœsophagienne (ETO) et les examens vasculaires. Pendant mon apprentissage, je n'ai pas eu l'opportunité d'assister à beaucoup d'ETO, car ils sont plus complexes et se déroulent souvent dans un contexte technique exigeant. Pour autant, il reste indispensable de se former sur ces trois types d'examens, en particulier sur l'ETT.

L'échocardiographie transthoracique (ETT) est l'examen standard non invasif en échocardiographie. Elle repose sur l'utilisation des ultrasons pour visualiser le cœur en temps réel

grâce à une sonde placée sur la poitrine. Cet examen permet d'enregistrer des images et des vidéos du muscle cardiaque et des valves. Il est principalement utilisé pour évaluer la fonction globale du cœur, la force de contraction des ventricules et l'état des valves cardiaques afin de détecter un rétrécissement ou une fuite valvulaire [9].

Un examen d'ETT comprend plusieurs coupes, chacune permettant d'analyser des structures spécifiques (voir [tableau 1](#)) :

Tableau 1 - Synthèse des principales coupes échocardiographiques [3]

Les différentes coupes	Structures Visualisées	Intérêts	Images échographiques
Vue parasternal grand axe (PGAX)	Oreillette gauche, ventricule gauche, valve mitrale, ventricule droit, tractus d'éjection du ventricule gauche (LVOT), valve aortique et aorte ascendante [3].	Permet d'évaluer la fonction globale du ventricule gauche, la valve mitrale et aortique, la taille de l'aorte et de l'oreillette gauche [3].	
Vue parasternal petit axe (PGAX)	Coupe circulaire du ventricule gauche, avec possibilité de visualiser au niveau des valves (aortique, mitrale), des muscles papillaires ou de l'apex selon l'inclinaison [3].	Évaluation des mouvements segmentaires du ventricule gauche, analyse de la valve pulmonaire et du flux artériel pulmonaire [3].	
Vue apicales (A4C, A5C, A2C, A3C)	Ventricules droit et gauche, oreillettes droite et gauche, valve mitrale et tricuspide, septum interauriculaire et interventriculaire [3].	Étude des fonctions systoliques et diastoliques, régurgitations valvulaires, volumes des cavités [3].	
Vue sous-costale (SC)	Cœur entier en quatre cavités, veine cave inférieure, aorte abdominale [3].	Intérêt : Permet d'évaluer la fonction globale du ventricule gauche, la valve mitrale et aortique, la taille de l'aorte et de l'oreillette gauche [3].	
Vue supra-sternale (SSN)	L'arc aortique et ses branches [3].	Analyse des anomalies de l'aorte [3].	 Sources des Images [3].

La partie théorique a été difficile et exigeante, mais c'est grâce à elle que j'ai acquis les bases cliniques et techniques indispensables. Toute cette partie clinique m'a aidé à mieux communiquer avec les médecins lors des interventions. Par exemple, le fait de connaître les différentes coupes m'a permis de comprendre les mesures échographiques associées et d'aider les médecins à retrouver certaines mesures ou à échanger avec eux sur des valeurs cliniques précises. La coupe apicale, en particulier, a été essentielle à comprendre et à savoir réaliser, car

de nombreuses mesures sont effectuées à partir de cette vue. Lors des formations, j'ai d'ailleurs souvent réalisé cette coupe sur moi-même pour mettre en valeur la qualité des images des appareils, ajuster les réglages ou effectuer des mesures en direct.

Pendant mon apprentissage, j'ai été amené à réaliser plusieurs missions, combinant des démonstrations avant-ventes, des formations, et de l'accompagnement post-installation. Je n'ai pas effectué beaucoup de démonstrations sur les gros appareils cardiovasculaires, car ce type de mission est difficile à réaliser en tant qu'apprenti seul : il faut bien maîtriser les appareils et les contextes cliniques. Cela dit, j'ai accompagné les autres ingénieurs d'application pour apporter un soutien et une seconde main si besoin. Les installations et les suivis ont constitué l'essentiel de mes missions, car, après les six premiers mois de formation intensive, les compétences nécessaires étaient censées être acquises pour prendre en charge ces interventions.

J'ai également eu l'occasion de participer à la planification et à la mise en œuvre de plusieurs formations en collaboration avec des partenaires, notamment avec la SFAR (Société Française d'Anesthésie et de Réanimation) pour la pose de voies veineuses, ou avec Bristol Myers Squibb dans le cadre d'une collaboration sur la prise en charge des cardiomyopathies hypertrophiques (CMH).

Enfin, j'ai participé à plusieurs congrès, notamment le SRLF, principal congrès français sur la réanimation, et Paris Echo, un congrès majeur consacré à l'échocardiographie.

Ces expériences variées m'ont permis de développer des compétences techniques, pédagogiques et relationnelles essentielles pour exercer pleinement le métier d'ingénieur d'application.

Au fil de ces missions, un besoin récurrent a émergé dans les services : celui de disposer d'échographes ultra-compactes, en particulier le Vscan Air™, pour répondre aux situations nécessitant un outil rapide, facile à transporter et à utiliser. C'est dans ce contexte que mon projet d'apprentissage a pris forme : accompagner l'intégration de ce type d'appareil dans un service non spécialisé en échographie.

III. L'intégration d'un échographe ultraportable

3.1. Contexte et origine du projet

Une de mes missions en tant qu'ingénieur d'application était de réaliser des démonstrations de l'échographe ultraportable Vscan Air™. Les services dans lesquels j'ai effectué ces démonstrations n'étaient pas les services classiques en échographie, comme la cardiologie ou la radiologie, mais plutôt des services tels que la néphrologie, la chirurgie reconstructrice, et surtout la médecine générale. Ce dispositif s'inscrit dans la logique du Point-of-Care Ultrasound (POCUS), car la demande des établissements porte sur des solutions mobiles, simples à utiliser, et immédiatement disponibles au lit du patient. Les médecins recherchent des outils permettant une évaluation rapide et fiable, sans dépendre des appareils réservés à d'autres services spécialisés.

Le POCUS évolue constamment et tend à devenir une pratique de plus en plus courante dans des services comme la médecine générale. Les études montrent que les patients se sentent mieux pris en charge et plus rassurés après une évaluation réalisée par POCUS [\[23\]](#).

3.2. La croissance du marché d'échographes ultraportables

Bien que le marché des échographes ultra-compacts soit encore relativement petit, il connaît une croissance rapide et représente une opportunité prometteuse pour les entreprises qui s'y engagent. Aujourd'hui, le marché mondial des ultrasons est estimé à environ 9 milliards USD, et il pourrait atteindre 13 milliards USD dans les prochaines années [\[25\]](#).

Le segment des ultraportables représente actuellement environ 3 % du marché global, mais il affiche un taux de croissance annuel moyen proche de 15 %, contre environ 5 % pour les échographes classiques. Grâce à cette dynamique, certaines entreprises ont pris le risque d'innover et de proposer des appareils spécifiquement développés pour ce marché [\[25\]](#).

Plusieurs technologies initialement réservées aux systèmes haut de gamme ont été transférées vers le marché des ultraportables, notamment l'intégration de l'intelligence artificielle, de nouveaux modes de financement (par exemple les abonnements), et l'usage de la télémédecine via les connexions smartphones et tablettes [\[25\]](#).

Aujourd'hui, une large part du marché des ultraportables est occupée par les grands acteurs historiques de l'échographie, tels que GE Healthcare, Philips, Canon et Mindray. Cependant, on retrouve également des entreprises spécialisées uniquement dans ce créneau, comme Butterfly Network, Clarius ou encore Sonoscaner, qui ont su se démarquer grâce à leurs solutions innovantes adaptées aux besoins du terrain [\[25\]](#).

GE Healthcare occupe actuellement la place de leader sur le marché des échographes ultraportables, avec une part d'environ 22 %, juste devant Philips, qui en détient environ 21 % ([Annexe 1](#)) [\[25\]](#).

3.3. Le Vscan Air™ : l'innovation en double sonde

Le Vscan Air™ est une solution d'échographie ultraportable et sans fil développée par GE Healthcare, conçue pour répondre aux besoins des praticiens, notamment dans le cadre des examens point-of-care. Compact et léger, il permet aux médecins de réaliser des échographies immédiatement, directement au chevet du patient, sans dépendre des échographes traditionnels souvent partagés entre plusieurs services [13].

L'une de ses principales innovations réside dans sa configuration à double sonde, qui permet de couvrir un large éventail d'examen dans des contextes cliniques variés [13].

Cet appareil offre de nombreux avantages pour en simplifier l'usage. Son système de contrôle intégré assure une gestion optimale des composants électroniques et des transducteurs, garantissant un fonctionnement fiable même après une chute accidentelle [13].

Le Vscan Air™ prend en compte les éventuels défis de connectivité. Il autorise la transmission sécurisée des données via le serveur réseau DICOM de l'utilisateur, ce qui permet d'envoyer instantanément les images une fois connecté au réseau [13].

Le dispositif intègre également une solution de stockage cloud, appelée MyImageCloud™, qui permet de partager et d'accéder aux images à distance, depuis n'importe où. Grâce à MyRemoteShare™, plusieurs utilisateurs peuvent se connecter à l'application en toute sécurité, avec des fonctionnalités de communication en temps réel (audio, vidéo, partage d'écran). Pour les utilisateurs disposant de plusieurs appareils, la plateforme MyDeviceHub™ permet un contrôle à distance centralisé [13].

Enfin, les deux sondes sont équipées d'outils de mesure avancés, adaptés à tous les contextes cliniques. Pour exemple il est possible de mesurer le rapport E/A après positionnement du Doppler pulsé sur la valve mitrale lors d'un examen échocardiographie.

3.3.1. Vscan Air™ CL

Le Vscan Air™ CL (cf : [figure 10](#)) est une sonde double dotée de transducteurs convexe et linéaire, capable de produire des images d'une clarté exceptionnelle, à tout moment et en tout lieu.

Le transducteur convexe est conçu pour l'imagerie abdominale (voir [figure 11](#)) et aussi les évaluations obstétriques. Il est également équipé du transducteur linéaire, conçu pour l'imagerie vasculaire, musculosquelettique et pulmonaire, qui offre une excellente résolution pour les structures superficielles.



Figure 10 - Vscan Air™ CL [13]



Figure 11 - Images abdominales prises avec le Vscan Air™ CL [13]

Grâce à cette configuration, le Vscan Air™ CL permet une grande polyvalence clinique, en s'adaptant aussi bien aux examens superficiels qu'aux explorations profondes, selon les besoins du praticien.

Même avec son format compact, la version CL du Vscan Air™ permet de réaliser des gestes guidés, comme la fonction Auto Bladder Volume™, qui offre une mesure rapide et automatisée du volume vésical [13].

Cet auto-outil, basé sur l'intelligence artificielle, détecte automatiquement les parois de la vessie et calcule le volume en seulement deux étapes simples. Même si l'IA facilite le processus, l'utilisateur reste pleinement responsable de la validation des mesures, qu'il peut vérifier et ajuster si nécessaire [13].

Cet outil innovant permet de réinventer les protocoles de diagnostic de la rétention urinaire, en remplaçant les méthodes traditionnelles par une solution plus rapide, portable et accessible. Le Vscan Air™ peut ainsi être considéré comme un scanner vésical de nouvelle génération.

3.3.2. Vscan Air™ SL

Le Vscan Air™ SL est l'autre sonde double fil avec des transducteurs sectorielle et linéaire qui génère également des images d'une clarté cristalline à tout moment et en tout lieu (cf : [figure 12](#)). Cet appareil est plutôt avantageux pour ceux qui veulent faire des examens d'échocardiographie et potentiellement aussi de doppler transcrânien.

Cet appareil est optimisé pour l'imagerie cardiaque grâce à la combinaison des technologies SignalMax™ et XDclear™, déjà présentes sur les sondes classiques. L'intégration de ces technologies fait de cet échographe un modèle très performant qui établit un nouveau standard dans le domaine des ultraportables. La technologie XDclear™ améliore la qualité d'image de la sonde sectorielle, et, lorsqu'elle est associée à la puissance de traitement du signal SignalMax™ et au



Figure 12 - Vscan™ Air SL [13]

transducteur monocristallin, elle permet d'obtenir des images offrant une excellente pénétration, une haute résolution et une sensibilité remarquable comme cela ci-dessous (voir [figure 13](#)).

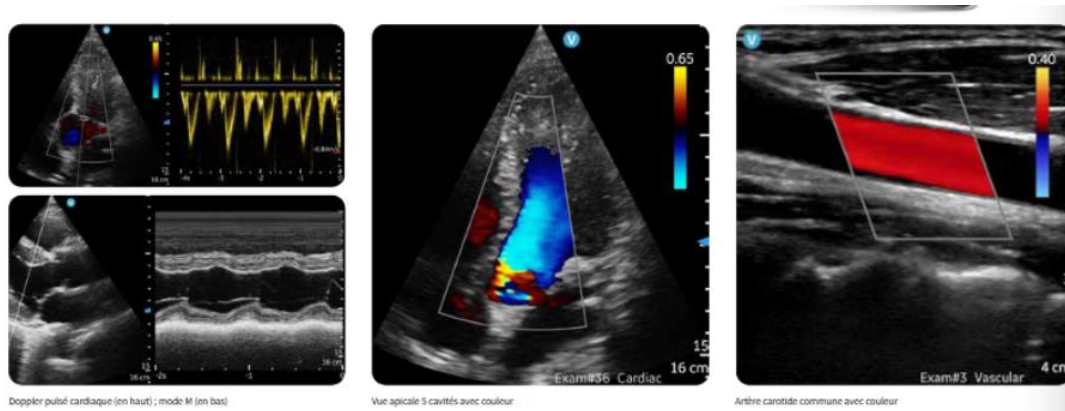


Figure 13 - Images cardiaques et vasculaires prises avec le Vscan Air™ CL [13]

Les deux systèmes sont proposés au prix de 5 400 € TTC. Ce tarif peut sembler élevé pour certains clients, mais il se justifie pleinement par la richesse technologique et les capacités avancées qu'ils offrent. Selon le contexte clinique, le Vscan Air™ peut même être utilisé comme échographe principal, notamment dans les environnements où la portabilité et la réactivité sont essentielles [13].

Grâce à leurs fonctionnalités innovantes, les deux modèles du Vscan Air™ s'imposent comme des références dans le domaine de l'échographie portable. Toutefois, malgré ces atouts, ils doivent faire face à une concurrence croissante, portée par d'autres acteurs technologiques majeurs qui investissent également dans ce secteur en pleine évolution.

3.4. Un marché avec forte concurrence

Comme indiqué précédemment le marché des ultraportables est rempli avec plusieurs acteurs avec beaucoup des petites entreprises qui ne sont pas spécialisées dans le développement de technologies médicales. Plusieurs médecins ont testé les meilleurs appareils et les études montrent que c'est vraiment un marché complexe avec tous les appareils qui ont beaucoup de forces.

3.4.1. Philips Lumify™

La principale concurrente de GE Healthcare est Philips, qui propose également des modèles ultra-compacts, comme celui illustré à la [figure 14](#). Leurs modèles se différencient sur plusieurs aspects. D'abord, leurs solutions sont des modèles avec fil, et ils ne proposent aucun modèle double sonde : les trois sondes (linéaire, convexe et sectorielle) sont vendues séparément et se connectent uniquement sur des tablettes ou téléphones Android via un câble USB-C. De plus, la sonde sectorielle ne propose pas de Doppler pulsé [\[21\]](#).



Figure 14 - Philips Lumify™S4-1 [\[21\]](#).

Philips propose également une offre de leasing. Ses appareils coûtent environ 6500 € [\[21\]](#).

Plusieurs études montrent que le Lumify™ est un appareil performant. Par exemple, une étude ayant testé plusieurs appareils sur différentes zones anatomiques a montré que le Lumify™ offrait la meilleure qualité d'imagerie sur les zones superficielles du cou et des poumons [\[24\]](#).

Même avec ses points forts, les 35 utilisateurs qui ont testé ces appareils ont indiqué qu'il n'existait pas de différence significative dans la qualité d'imagerie entre le Vscan Air™ et le Lumify™ [\[24\]](#).

3.4.2. Mindray TE Air i3P

Mindray gagne progressivement en notoriété sur le marché des ultrasons, grâce à sa présence solide dans les équipements médicaux de pointe, ainsi qu'à son nouvel échographe ultraportable. Leur modèle phare dans ce segment est le TE Air i3P (cf : [figure : 15](#)), qui intègre une sonde sectorielle conçue pour des applications cardiaques, vasculaires et abdominales supérieures. L'appareil présente de nombreux avantages : son autonomie est d'environ 4 heures, et il peut se recharger de 0 à 75 % en seulement 35 minutes grâce à sa station de recharge portable. Grâce à sa base sectorielle, il est équipé de toutes les fonctionnalités d'imagerie nécessaires aux soins critiques, y compris le Doppler énergie et le Doppler tissulaire, des fonctionnalités qui ne sont pas disponibles sur la plupart des autres échographes ultraportables. Le TE Air i3P fonctionne uniquement avec iOS, ce qui limite sa compatibilité à



Figure 15 - Mindray TE Air i3P [\[20\]](#)

certains environnements. Le prix de base du TE Air i3P commence autour de 4 199 €, tandis que l'ancien modèle, le TE Air e5M, démarre à 3 499 € [20].

Comparé à d'autres appareils, le TE Air i3P a montré de très bonnes performances, notamment pour l'imagerie cardiaque en vue apicale. Il présente néanmoins quelques limites : la qualité d'image est moins bonne sur le quadrant supérieur droit (foie, cortex rénal, vaisseaux sanguins), et, en l'absence de sonde linéaire, il n'est pas possible d'obtenir des images optimales pour les poumons ou les structures superficielles du cou [24].

Il convient de noter que Mindray propose également l'autre modèle TE Air e5M, plus ancien et légèrement moins cher, mais dont les spécifications techniques sont plus limitées [20].

3.4.3. Butterfly iQ+™ et IQ3™

Le Butterfly Network est une des nouvelles entreprises qui est rentrée dans le marché des ultraportables. Pour une petite entreprise, ils ont sorti deux ultraportables avec un fil qui reste capable d'être utilisé dans les différents types d'examen échographiques. Deux appareils ultraportables sont actuellement sur le marché : le iQ+™, la seconde génération de l'appareil qui s'est bien vendu jusqu'au début de l'année 2024, et le iQ3™, le nouvel appareil qui offre deux fois plus de puissance de traitement et des images plus nettes [19].

Le Butterfly iQ+™ (cf : [figure 16](#)) est un échographe ultraportable qui repose sur une sonde avec un fil unique capable de remplacer plusieurs sondes traditionnelles. Il est déjà préconfiguré avec 20 préréglages couvrant un large éventail d'applications cliniques, notamment l'anesthésie, la cardiologie, la médecine d'urgence et les examens musculosquelettiques. L'application, disponible sur iOS et Android, permet de changer facilement de préréglage et de personnaliser les paramètres selon les besoins du praticien [19].

L'appareil intègre un guide d'aiguille pour faciliter les procédures de ponction, avec une ligne qui aide à visualiser le trajet de l'aiguille en temps réel. Il propose également des outils automatiques, par exemple pour calculer le volume vésical, ainsi que des mesures adaptées à l'obstétrique [19].

Le Butterfly iQ3™ est l'évolution du iQ+, avec des améliorations en matière de puissance de traitement, de vitesse de transfert des données et de qualité d'image. Il conserve la sonde unique à semi-conducteurs, mais cette fois-ci avec des boutons physiques programmables pour faciliter l'ajustement rapide des paramètres pendant les examens [19].

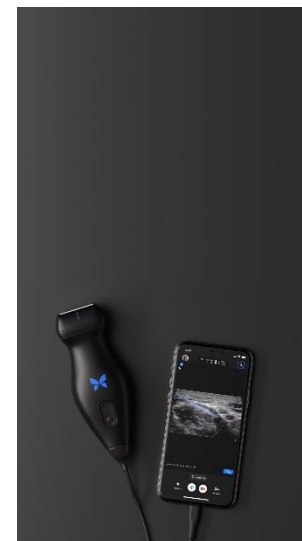


Figure 16 - Le Butterfly iQ+ [19]



New
Needle: Out-of-Plane™
 A preset designed for earlier needle tip visualization, within 1 mm from the entry point, enabling more successful procedures.

Figure 17 - Exemple d'outil Needle sur le iQ3 [19]

3.4.4. Clarius

La quatrième marque dominante sur ce marché est Clarius. Elle se distingue par sa stratégie, qui consiste à offrir une variété d'échographes ultra-compacts et sans-fil, chacun adapté à des utilisations spécifiques. Clarius offre par exemple un modèle combinant une sonde sectorielle et une sonde linéaire pour couvrir à la fois les applications cardiaques et superficielles. Il existe également un modèle à sonde convexe (cf : [figure 18](#)), ainsi que trois types de sondes linéaires selon l'application ciblée. Enfin, Clarius propose une sonde sectorielle stricte et une sonde endocavitaire, une option qui n'est pas proposée par la plupart des autres fabricants d'ultraportables [18].

Comme ses concurrents, Clarius équipe ses appareils de logiciels performants qui permettent une exploration précise grâce aux sondes adaptées. Le système est compatible à la fois avec les interfaces iOS et Android [18].

L'imagerie obtenue avec les sondes Clarius est particulièrement appréciée pour les structures superficielles du cou et pour les poumons. Grâce à la diversité de ses sondes linéaires, l'appareil peut être intégré dans plusieurs domaines spécialisés, notamment en ophtalmologie, où les praticiens ont trouvé les sondes très adaptées pour l'examen des structures superficielles [24].



Figure 18 - Sonde convexe de Clarius [18].

Parmi les nouveautés du iQ3, on trouve un mode Needle: Out-of-Plane (voir [figure 17](#)), qui améliore la visualisation des aiguilles lorsqu'elles sont utilisées hors du plan de coupe, renforçant ainsi la précision des gestes interventionnels dans un contexte POCUS. L'appareil est également doté d'une batterie à autonomie prolongée et bénéficie d'un système de recharge rapide, ce qui en fait l'un des ultraportables les plus endurants du marché [19].

Les études comparatives montrent que les utilisateurs ont vraiment bien aimé l'interface, mais que l'appareil était difficile à régler. Bien que les personnes ayant participé à l'étude aient eu plus d'expérience avec le Butterfly, elles ont préféré les autres options, qui offraient une meilleure qualité d'image [22],[24].

Le prix pour cet appareil ne reste pas cher avec le iQ3™ qui coûte environ \$3,899 et le iQ+ qui coûte \$2,699. Il existe des réductions pour les étudiants en médecine et leasing est également possible [19].

Afin de mieux situer le Vscan Air™ parmi les échographes ultraportables actuellement disponibles sur le marché, le [tableau 2](#) ci-dessous présente une comparaison des principales solutions concurrentes. Il met en évidence leurs caractéristiques techniques, ainsi que leurs avantages et limites.

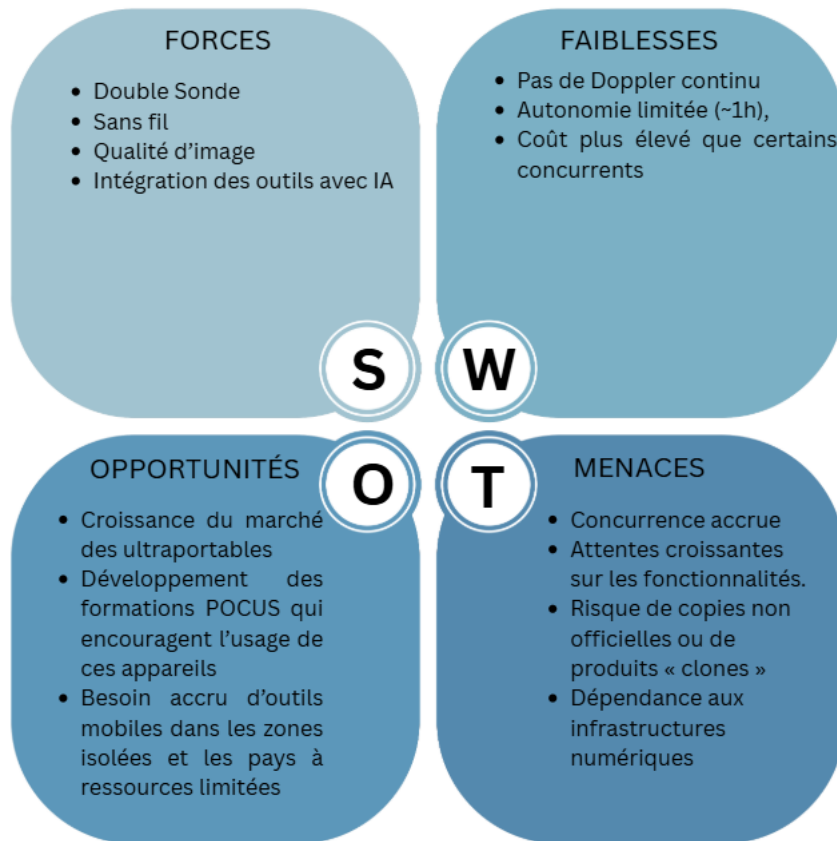
Tableau 2 - Comparatif des échographes ultraportables les plus utilisés (source : auteurs)

Appareil	Type de sonde	Connexion	Prix indicatif	Points forts	Limites
Vscan Air™ GE	Double sonde (linéaire + convexe ou sectorielle) [13]	Sans fils - (Bluetooth + Wifi) [13]	€5,400 TTC [13]	Excellente qualité d'image, double sonde, solutions cloud, outils d'IA intégrés [24][13]	Autonomie (1H), pas de Doppler continu, prix plus élevé [13]
Lumify™ Philips	Sonde séparées (linéaire, convexe, sectorielle) [21]	Filiaire via USB - C [21]	€6,500 TTC	Bonne qualité sur les tissus mous, offre de leasing accessible [24] [21]	Connexion filaire, prix plus élevé [24][21]
Butterfly iQ3™ + iQ™	Sonde unique (Sectorielle hybride) [19]	Filiaire via USB - C [19]	iQ3 : Environ €3,400 iQ+ : Environ €2,300 [19]	Très polyvalent, compatible avec plusieurs spécialités [24][19]	Qualité d'image inférieure, ergonomie logicielle parfois complexe [24]
TE Air i3P Mindray	Sonde unique (Sectorielle) [20]	Sans fils - (Bluetooth + Wifi) [20]	€4,199 TTC TE Air e5M : €3,499 [20]	Doppler énergie et tissulaire, autonomie (4H) [20]	l'absence de sonde linéaire) [20][24]
Clarius	Double sonde et aussi Sonde Séparées (linéaire, convexe, sectorielle) [18]	Sans fils - (Bluetooth + Wifi) [18]	N/A	Plusieurs possibilités/variété de sondes [18]	Prix variable

Cette comparaison met en évidence la position du Vscan Air™ : performant sur plusieurs aspects clés, mais confronté à une concurrence technologique et économique importante.

Pour synthétiser ces éléments et analyser plus globalement la position stratégique du Vscan Air™, une analyse SWOT (forces, faiblesses, opportunités, menaces) est présentée ci-dessous (cf : [tableau 3](#)) :

Tableau 3 - SWOT du Vscan Air™ (source : auteurs)



Ce schéma SWOT permet de synthétiser les principales forces du Vscan Air™ (compacité, double sonde, qualité d'image, intégration d'outils d'IA), tout en identifiant ses limites techniques actuelles, comme l'absence de doppler continu ou son autonomie réduite. Cette analyse met également en évidence les opportunités de développement sur un marché en pleine croissance, notamment dans les environnements médicaux mobiles ou à ressources limitées. En parallèle, elle souligne les défis liés à la concurrence, à l'évolution des attentes des utilisateurs et à certains freins techniques. Cette réflexion stratégique m'a permis de mieux comprendre le positionnement du Vscan Air™ et les enjeux liés à son adoption sur le terrain.

3.5. Focus sur la médecine générale et d'autres services

En médecine générale, le POCUS tend à prendre la place du stéthoscope, et de plus en plus de médecins généralistes cherchent à l'intégrer dans leur pratique quotidienne. Les études montrent que les médecins généralistes l'utilisent pour diverses conditions, et que certaines zones anatomiques sont plus faciles à explorer que d'autres, notamment les poumons et les structures superficielles [14].

Une étude menée au Danemark vient illustrer cette tendance en s'intéressant à la manière dont les médecins généralistes perçoivent et utilisent réellement l'échographie au point de soin.

Les médecins interrogés déclaraient que le POCUS devait être réservé à des examens ciblés, destinés à répondre à une question clinique précise, et qu'il était essentiel de rester dans des zones anatomiques bien maîtrisées grâce à une formation appropriée. Pourtant, dans la pratique, l'étude a montré que 25 % des examens réalisés étaient exploratoires, sans indication claire, et que certains praticiens allaient au-delà des zones pour lesquelles ils avaient été formés. Cela souligne un décalage entre les principes affichés et les pratiques réelles, ainsi que la nécessité de recommandations et de formations adaptées pour un usage sûr et pertinent [\[4\]](#).

Dans ce contexte, les échographes ultraportables représentent une opportunité, car leur simplicité d'utilisation et leur accessibilité peuvent aider à intégrer le POCUS dans la médecine générale, à condition d'être accompagnés d'un encadrement et de formations adaptées.

Certains services de médecine interne en France ont essayé d'intégrer un échographe ultraportable dans leurs pratiques. Une étude a été menée, où les médecins ont utilisé le Vscan Air™ principalement pour rechercher des épanchements (pleuraux, péricardiques, ascites) ainsi que pour l'évaluation de l'insuffisance cardiaque, en particulier par l'analyse de la veine cave inférieure. Dans ce contexte, l'ultraportable a permis d'améliorer la précision de l'examen physique et a contribué à renforcer la performance diagnostique de l'équipe médicale [\[15\]](#).

J'ai moi-même pu observer cette réalité lors de visites dans un service de médecine générale où les médecins disposant du Venue™ avaient seulement des bases en échographie et ne souhaitaient pas réaliser d'examens complets ; ils l'utilisaient plutôt ponctuellement pour jeter un œil sur certains patients. Cet exemple montre bien que les échographes ultraportables peuvent trouver leur place en médecine générale pour des usages ciblés, à condition d'être bien positionnés et accompagnés d'une formation adaptée.

3.5.2. Les limitations avec l'implémentation

Même avec tous les avantages possibles du POCUS, plusieurs obstacles restent à lever pour permettre une réelle intégration dans la pratique quotidienne. Certains médecins perçoivent une incertitude liée à l'utilisation du POCUS. Ils reconnaissent que l'outil est utile, qu'il peut les aider à améliorer leurs compétences diagnostiques et qu'il suscite un nouvel intérêt pour leur métier [\[16\]](#).

Cependant, certains praticiens doutent de leurs propres compétences pour analyser les images et préfèrent ne pas interpréter les résultats de peur de se tromper. D'autres ont souligné que le POCUS n'est pas encore suffisamment intégré dans les programmes de formation initiale, ce qui les empêche de se sentir à l'aise pour interpréter les examens [\[16\]](#).

Le manque de formation apparaît comme un problème majeur dans l'ensemble des études. Actuellement, en France, il n'existe pas de formation obligatoire d'échographie pour les médecins généralistes. Il existe des diplômes universitaires bien ciblés pour les généralistes, mais ces formations demandent du temps, et tout le monde ne peut pas s'y engager.

Les grandes organisations académiques, comme le WONCA, recommandent fortement la mise en place d'une formation continue à l'échographie, incluant également des bases en anatomie et en physiologie pour en faciliter la compréhension et l'utilisation efficace [1].

Enfin, ils ont exprimé quelques dilemmes éthiques, notamment sur la manière d'utiliser les résultats sans surdiagnostiquer ou rassurer à tort, et sur la communication de ces résultats aux spécialistes ou aux patients [17].

3.5.3. *La croissance de la Primary Care de GE Healthcare*

Le Primary Care est le domaine des solutions échographiques de GE Healthcare, qui vise à créer des outils adaptés pour les médecins généralistes. Même avec le manque de formation ou la réticence à prendre des risques, GE Healthcare propose des échographes spécifiquement conçus pour démontrer que leurs pratiques peuvent évoluer et devenir plus simples au quotidien.

Comme les échographes classiques sont souvent trop complexes et ne correspondent pas exactement aux besoins des généralistes, GE Healthcare a lancé une gamme d'appareils appelée Versana™. Ces échographes sont conçus pour réaliser des examens échographiques courants : moins puissants et moins chargés en fonctionnalités que les systèmes haut de gamme, ils offrent une qualité d'image correcte qui correspond à un bon rapport qualité prix. L'appareil reste facile à utiliser et intègre une interface inspirée de la gamme radiologique, permettant d'accéder à de nombreux paramètres utiles [13].

Actuellement, GE Healthcare positionne également le Versana™ pour les clientèles en Afrique, car cet appareil correspond aux réalités du terrain : il offre un bon compromis entre qualité d'image, robustesse et prix accessible, tout en restant suffisamment simple à utiliser dans des contextes où les ressources sont limitées et les infrastructures moins développées.

Dans la même logique, les Vscan™ sont proposés comme une solution encore plus mobile, capable de répondre aux besoins des praticiens dans des zones isolées ou désertées, où l'accès aux équipements lourds ou aux centres d'imagerie est difficile. Ces appareils permettent de réaliser des examens au plus près des patients, dans des conditions variées, et contribuent ainsi à améliorer la prise en charge dans ces environnements.

Les échographes ultraportables sont utilisés dans la perspective du POCUS pour la formation, grâce à leurs caractéristiques adaptées aux zones rurales et isolées, notamment dans les pays à faibles et moyens revenus où l'accès à l'imagerie médicale est très limité, et où il n'y a parfois même aucun appareil sur place [5].

Dans cette étude, les auteurs ont mené un travail important dans plusieurs pays d'Afrique et d'Asie du Sud-Est, où les participants étaient des soignants non spécialistes en imagerie. La formation en POCUS avait une durée courte et permettait une exploration de plusieurs domaines, tels que les poumons, le cœur et l'obstétrique [5].

Cependant, dans ces pays, il existe certaines limitations spécifiques, comme les pannes d'appareils pour lesquelles il n'existe souvent aucune solution locale de réparation. Il y a également des problèmes de connectivité : sans réseau fiable, les échographes ultraportables sans fil rencontrent des difficultés de fonctionnement optimal [\[5\]](#).

Mais cette étude montre qu'il est possible de former des soignants au POCUS avec des appareils ultraportables dans les pays pauvres et isolés. Avec des améliorations, cette technologie continuera d'être utilisée et jouera un rôle essentiel dans le diagnostic médical dans ces contextes.

3.6. Les critiques et limites de Vscan Air™ et des ultraportables

Le marché des échographes ultra-compacts continuera de se développer, car de nombreuses entreprises ont désormais la capacité de produire des appareils de qualité. Il sera toutefois difficile de voir émerger un leader incontesté dans ce domaine, en raison des contraintes techniques et des limitations partagées par ces dispositifs.

D'après mon retour d'expérience, les utilisateurs formulent toujours des remarques similaires, en particulier sur l'absence de Doppler continu, un mode largement utilisé en échocardiographie et souvent jugé indispensable. Intégrer cette fonctionnalité nécessiterait une évolution matérielle (hardware) et non simplement logicielle, ce qui impliquerait la conception d'un nouvel appareil et un coût probablement plus élevé.

Un autre retour fréquent concerne le prix : dans un marché où la concurrence propose des ultraportables affichant une qualité d'image comparable, il devient complexe d'argumenter face à des appareils moins chers. J'ai aussi entendu des retours sur l'autonomie, jugée parfois insuffisante, car les appareils permettent une utilisation d'environ une heure avant de devoir être rechargés.

De façon générale, les ultraportables présentent certaines critiques communes : les études comparatives rappellent qu'ils ne sont pas conçus pour des sessions d'imagerie prolongées, avec une limite de 15 à 20 minutes d'usage continu avant des arrêts liés à la surchauffe. L'autonomie des batteries reste également limitée, bien que les fabricants travaillent sur des solutions. Enfin, un problème souvent mentionné est lié à la portabilité elle-même : ces appareils sont faciles à perdre et il n'existe pas toujours de système de suivi aussi rigoureux que pour d'autres dispositifs médicaux dans un établissement [\[17\]](#).

Lors des démonstrations, j'ai remarqué une nette différence de réaction selon le profil des utilisateurs. Les médecins qui n'avaient pas l'habitude de faire de l'échographie étaient souvent très enthousiastes. La simplicité de l'interface, la compacité de l'appareil et la qualité d'image les rassuraient rapidement, ce qui facilitait la prise en main. Par contre, chez les prestataires de soins qui avaient déjà reçu une formation en échographie, on attendait davantage d'eux, et la qualité des discussions était supérieure. Certains

attendaient des fonctionnalités avancées, comme le doppler continu ou des mesures automatiques.

Lors d'une formation avec des internes en médecine, par exemple, plusieurs ont été agréablement surpris par la qualité d'image et la réactivité de l'appareil, mais ils ont aussi été très critiques : l'absence de certains réglages ou modes qu'ils utilisent habituellement les a un peu freinés. Dans ces situations, il était parfois difficile pour moi de me justifier en pleine démonstration, car je devais composer avec leurs attentes cliniques sans toujours avoir l'outil adéquat pour y répondre. Ces expériences m'ont permis de mieux comprendre les profils d'utilisateurs et de mieux cerner les freins à l'adoption de ces appareils.

3.7. Initiatives et dérives observées sur le marché des échographes des ultraportables.

3.7.2. Le développement d'un ultraportable français

L'avènement rapide des échographes ultraportables a donné naissance à des initiatives novatrices, telles qu'OpEcho, une entreprise issue de l'AP-HP, qui vise à rendre l'échographie ultra-mobile plus accessible aux praticiens de la santé. Le cœur de ce projet repose sur le développement d'une sonde d'échographie ultraportable, peu coûteuse, portable, et connectée, destinée à favoriser l'accès à l'imagerie médicale, notamment dans des contextes de soins primaires, d'urgence ou dans des zones à faibles ressources [\[8\]](#).

En 2022, la start-up EchOpen Factory a franchi une étape importante en développant une sonde ultraportable. Elle a obtenu le marquage CE pour ce dispositif en janvier 2024. Le projet EchOpen s'appuie sur une philosophie de transparence et de collaboration : le matériel et le logiciel sont conçus selon une approche open source, afin d'encourager la contribution des communautés scientifiques, médicales et industrielles. L'ambition est de démocratiser l'accès à l'échographie à travers le monde, en particulier dans des contextes où les équipements classiques sont difficiles à déployer [\[8\],\[7\]](#).

OpEcho incarne cette dynamique : il vise à structurer un réseau de praticiens et d'établissements autour de l'utilisation de l'échographie ultraportable, en lien avec des initiatives comme EchOpen, pour favoriser la formation, l'échange de bonnes pratiques et l'évaluation clinique des dispositifs [\[12\]](#).

Leur appareil est bien comme les autres et il vise beaucoup des applications cliniques. Comme il est fabriqué en France avec des médecins et collaborateurs ici, l'appareil va bientôt devenir très compétitif dans le marché et diminuer les achats des autres, surtout en France.

3.7.3. Les dérives du marché : exemple d'une duplication non officielle du Vscan Air™

Étant donné que de nombreuses entreprises proposent désormais des échographes ultraportables, il était inévitable que certaines tentent de copier les appareils des leaders du marché. C'est précisément ce qu'a vécu l'entreprise Cardio Systèmes en lançant sur le marché une version portable du stéthoscope à deux sondes, baptisée cECHOCardioVascuGenius II (cf : [figure 19](#)). Cet appareil sans fil présente un design et des caractéristiques qui rappellent fortement le Vscan Air™ SL/CL [\[6\]](#).

L'appareil est commercialisé à un prix similaire (4 995 € TTC) et est compatible avec iOS, Android et Windows. Il se distingue par son temps de démarrage inférieur à 5 secondes, sa fonction Doppler Énergie, ainsi que ses fonctions de mesure spécifiques en mode M et B [\[6\]](#).



Figure 19 - Exemple de l'appareil similaire que le Vscan Air™ S/L [\[6\]](#)

Cela illustre que, dans un marché en pleine croissance, les fabricants classiques peuvent facilement perdre des parts de marché face à de nouveaux entrants. Il est important pour eux de continuer à innover et à proposer des solutions toujours plus créatives et adaptées aux besoins des utilisateurs pour faire face à cette concurrence.

IV. Bilan final

4.1. Réflexion finale sur mon parcours

Cette année, en tant qu'apprenti ingénieur d'application en échographie cardiovasculaire, m'a apporté énormément sur les plans académique, relationnel et personnel. Depuis le M1, j'avais déjà en tête de devenir ingénieur d'application, et cet apprentissage m'a permis de vivre une première expérience concrète dans un domaine très exigeant, au sein d'une entreprise leader dans son secteur.

La partie académique a été bien plus intense que ce que j'imaginai. La formation a occupé une grande partie de mon temps, et j'ai encore le sentiment que ce n'est pas terminé, ce qui est vrai. Le domaine de l'échographie, et en particulier l'échographie cardiovasculaire, est bien plus clinique et poussé que ce que j'avais anticipé. L'ingénieur d'application ne peut pas se limiter à la technique : il doit aussi avoir de solides compétences cliniques. Sans ces connaissances, il serait impossible d'établir une vraie relation de confiance avec les utilisateurs, qui sont le plus souvent des cardiologues. Cette leçon restera essentielle, même si, un jour, je travaille dans un domaine moins clinique : il faudra toujours viser un équilibre entre compétences techniques et cliniques.

J'ai aussi développé des compétences en organisation et en proactivité. J'ai appris à aller chercher de l'aide auprès de mes collègues, à ne pas rester bloqué face à un problème. Même si mes missions étaient autonomes, j'ai compris que quelqu'un est toujours là pour aider, même à distance.

Pour être plus précis, j'ai appris à gérer un planning particulièrement dense, ce qui est essentiel dans ce métier. Par exemple, j'ai dû organiser une semaine complète où j'ai animé une formation à Nice avec des Urgentistes, enchaîné avec du travail à Paris, puis terminé la semaine à Lyon pour une autre formation. Cette gestion des priorités, des déplacements et des préparations m'a réellement préparé à la réalité du terrain. J'ai aussi eu l'opportunité d'organiser et de gérer moi-même plusieurs formations, parfois en autonomie, ou en soutien direct à l'ingénieur d'application. Ces expériences m'ont permis de m'adapter à différents contextes et de gagner en assurance dans mes interventions.

J'ai aidé l'équipe en prenant en charge certaines tâches clés. J'ai fait gagner du temps à mes collègues ingénieurs d'application et commerciaux en prenant en charge de nombreuses prises en main, démonstrations et formations. J'ai parfois été mobilisé sur plusieurs régions pour renforcer l'équipe sur des événements ou des installations. Une expérience marquante a été ma participation à une démonstration de deux jours, où j'ai pu intervenir en tant qu'ingénieur d'application en soutien. Cette démonstration a abouti à la vente de plusieurs appareils, ce qui a renforcé ma motivation et ma compréhension du rôle stratégique que peut jouer l'ingénieur d'application dans la réussite commerciale.

Ce qui reste à acquérir, selon moi, c'est une autonomie complète, qui viendra avec le temps et l'expérience. Je souhaite aussi continuer à approfondir ma maîtrise des appareils et à

mieux connaître l'échocardiographie, l'anatomie et la physiologie cardiaque, pour devenir le meilleur ingénieur d'application possible.

4.1.2. Les liens avec ma formation

Enfin, il y a un vrai lien entre ma formation théorique que j'ai suivie à UTC et ce que j'ai vécu sur le terrain. La partie imagerie médicale de l'école m'a donné des bases solides en échographie, qui m'ont beaucoup aidé lors de la prise en main des appareils et des premières formations. De plus, les nombreux projets de groupe et présentations réalisés pendant mon cursus ont développé mes compétences en travail d'équipe et en communication, qui sont essentielles dans ce métier.

4.2. L'ingénieur d'applications dans le futur

Je pense que le métier d'ingénieur d'application va beaucoup évoluer dans les années à venir. Les missions principales resteront sans doute les mêmes : démonstrations avant-vente, formations post-installation, accompagnement des utilisateurs et suivis. Mais avec l'intégration croissante des technologies connectées, certaines pratiques vont changer.

Il commence déjà à y avoir des fonctions à distance, même si ce n'est pas encore directement au cœur du métier d'ingénieur d'application. Par exemple, les Digital Tools du Vscan permettent une collaboration en temps réel, et des solutions comme ROFIM, qui peuvent être installées sur les échographes, offrent la possibilité aux médecins de partager facilement leurs examens entre eux.

Par exemple, les formations pourraient se faire de plus en plus à distance, grâce à des outils numériques et interactifs. Les futurs échographes seront peut-être conçus avec des fonctionnalités permettant aux ingénieurs d'application de prendre la main à distance pour accompagner les utilisateurs, ajuster des réglages ou résoudre des problèmes en temps réel. Cela pourrait réduire le besoin de certains suivis physiques et limiter les déplacements dans les secteurs. À terme, cela pourrait même permettre aux équipes d'ingénieurs d'intervenir sur des zones géographiques beaucoup plus larges, voire à l'échelle nationale ou internationale.

En parallèle, le métier demandera encore plus de connaissances techniques et cliniques pour suivre l'évolution des appareils, des logiciels et des outils connectés. L'ingénieur d'application devra aussi être de plus en plus pédagogue, car il faudra expliquer des solutions plus complexes à des utilisateurs variés.

Enfin, l'accompagnement des clients ne sera plus seulement technique : il intégrera aussi un volet de conseil sur l'intégration des nouvelles technologies dans les pratiques cliniques et sur la gestion des données, de la sécurité et des flux d'information.

V. Conclusion

Le marché des échographes ultraportables va sans aucun doute continuer à se développer, porté par des demandes de plus en plus nombreuses dans des contextes variés. Ces nouveaux appareils, plus compacts et légers, intègrent désormais des technologies issues des échographes classiques, ce qui les rend toujours plus performants. Grâce à ces innovations, l'échographie en mode POCUS devient un outil essentiel dans des services qui n'avaient pas pour habitude de pratiquer l'échographie, notamment en médecine générale et en médecine interne.

Ce marché reste néanmoins très concurrentiel, avec de nombreux acteurs qui proposent des solutions aux qualités proches. Cela implique, pour l'ingénieur d'application, la nécessité de rester en veille constante sur les usages potentiels et les nouvelles applications cliniques, afin de bien positionner nos appareils par rapport à ceux des autres fabricants.

En tant qu'ingénieur d'application, il nous revient d'accompagner cette intégration de l'échographie partout où elle peut apporter une valeur ajoutée, en nous appuyant sur les retours des utilisateurs et sur les études existantes. Il faut savoir identifier les besoins et les opportunités de marché pour faire progresser l'usage des ultraportables.

Pour ma part, cette année m'a permis d'apprendre énormément, que ce soit sur le plan technique, clinique, relationnel ou personnel. Il reste toujours des choses à découvrir et à approfondir, et je souhaite profiter du temps qui me reste dans ce poste pour continuer à progresser et saisir toutes les opportunités qu'offre ce métier passionnant, riche et en constante évolution.

Ce que je retiens, c'est que la technologie n'a d'intérêt que si elle est bien comprise, bien transmise, et qu'elle sert réellement le soin. Et c'est précisément cela, le travail de l'ingénieur d'application : faciliter cette intégration, faire le lien entre la technique et le besoin clinique, et accompagner les utilisateurs dans leur quotidien. C'est ce que j'ai essayé de faire cette année.



Bibliographie

- [1] A. Poppleton *et al.*, « World Organization of National Colleges, Academies and Academic Associations of General Practitioners and Family Physicians (WONCA) Europe position paper on the use of point-of-care ultrasound (POCUS) in primary care », *Prim. Health Care Res. Dev.*, vol. 25, p. 21, avr. 2024, doi: 10.1017/S1463423624000112.
- [2] E. Owles, « G.E.'s History of Innovation », *nytimes.com*, www.nytimes.com, 12 juin 2017. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.nytimes.com/2017/06/12/business/general-electric-history-of-innovation.html>
- [3] C. Mitchell *et al.*, « Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography », *J. Am. Soc. Echocardiogr. Off. Publ. Am. Soc. Echocardiogr.*, vol. 32, n° 1, p. 1-64, janv. 2019, doi: 10.1016/j.echo.2018.06.004.
- [4] C. A. Andersen *et al.*, « General Practitioners' Perspectives on Appropriate Use of Ultrasonography in Primary Care in Denmark: A Multistage Mixed Methods Study », *Ann. Fam. Med.*, vol. 20, n° 3, p. 211-219, 2022, doi: 10.1370/afm.2795.
- [5] F. Eppel, F. Hunstig, S. B elard, et B. Kreuels, « Concepts for point-of-care ultrasound training in low resource settings: a scoping review », *Ultrasound J.*, vol. 17, n° 1, p. 24, mai 2025, doi: 10.1186/s13089-025-00427-3.
- [6] « Cardio Systemes », Cardio Systemes. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://cardiosystemes.com/fr/>
- [7] « echOpen | l'échographie clinique simple et accessible | Made in France », echOpen. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.echopen.com>
- [8] « echOpen, start-up issue de l'AP-HP, obtient le marquage CE de sa sonde d'échographie ultraportable pour rendre l'imagerie médicale accessible à tous les soignants dans le monde », echOpen. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.aphp.fr/contenu/echopen-start-issue-de-lap-hp-obtient-le-marquage-ce-de-sa-sonde-dechographie-ultraportable>
- [9] «  chographie cardiaque transthoracique (ETT) | American Hospital of Paris », American Hospital of Paris. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.american-hospital.org/examen/echographie-cardiaque-transthoracique-ett>
- [10] « L'activité électrique du c eur », Fédération Française de Cardiologie. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.fedecardio.org/je-m-informe/l-activite-electrique-du-coeur/>



- [11] « Chirurgie des valves cardiaques | Chirurgien cardiaque », Chirugiens Cardiaques Associés. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.chirurgien-cardiaque.com/chirurgie-des-valves-cardiaques>
- [12] « Fonctionnement du cœur », Centre Hospitalier Universitaire Vaudois. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.chuv.ch/fr/cardiologie/car-home/patients-et-famille/fonctionnement-du-coeur>
- [13] « GE HealthCare | Accueil ». Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.gehealthcare.fr/>
- [14] C. A. Andersen, S. Holden, J. Vela, M. S. Rathleff, et M. B. Jensen, « Point-of-Care Ultrasound in General Practice: A Systematic Review », *Ann. Fam. Med.*, vol. 17, n° 1, p. 61-69, janv. 2019, doi: 10.1370/afm.2330.
- [15] A. Michon *et al.*, « Échographie ultraportable en médecine interne : retour d'expérience et point de vue », *Rev. Médecine Interne*, vol. 40, n° 4, p. 220-225, avr. 2019, doi: 10.1016/j.revmed.2018.07.003.
- [16] H.-C. Myklestul, H. Skjeie, M. Brekke, et T. Skonnord, « 'Shades of grey': a focus group study on diagnostic uncertainty among general practitioners using point-of-care ultrasound », *Scand. J. Prim. Health Care*, vol. 43, n° 1, p. 219-229, doi: 10.1080/02813432.2024.2423242.
- [17] Y. Baribeau *et al.*, « Handheld Point-of-Care Ultrasound Probes: The New Generation of POCUS », *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, vol. 34, n° 11, p. 3139-3145, nov. 2020, doi: 10.1053/j.jvca.2020.07.004.
- [18] « Clarius Mobile Health | Handheld Ultrasound Systems », Clarius. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://clarius.com/>
- [19] « The clear answer in point-of-care ultrasound | Butterfly iQ3 », Butterfly Network. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.butterflynetwork.com/>
- [20] « TE Air i3P - Mindray Wireless Handheld Ultrasound System », Mindray. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.mindray.com/en/products/ultrasound/point-of-care/te-air>
- [21] « Philips Lumify – échographie portable | Philips Healthcare », Philips. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.philips.fr/healthcare/sites/lumify/product-page>
- [22] M.-P. T. Le *et al.*, « Comparison of four handheld point-of-care ultrasound devices by expert users », *Ultrasound J.*, vol. 14, n° 1, p. 27, juill. 2022, doi: 10.1186/s13089-022-00274-6.

[23] C. A. Andersen, J. Brodersen, T. R. Rudbæk, et M. B. Jensen, « Patients' experiences of the use of point-of-care ultrasound in general practice – a cross-sectional study », *BMC Fam. Pract.*, vol. 22, p. 116, juin 2021, doi: 10.1186/s12875-021-01459-z.

[24] A. Perez-Sanchez *et al.*, « Comparison of 6 handheld ultrasound devices by point-of-care ultrasound experts: a cross-sectional study », *Ultrasound J.*, vol. 16, n° 1, p. 45, oct. 2024, doi: 10.1186/s13089-024-00392-3.


[25] R. Zahiri, « Handheld Ultrasound Market and Why it Matters! », Medium. Consulté le: 17 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://risevisualanalytics.com/handheld-ultrasound-market-and-why-it-matters-46871d75a3c9>

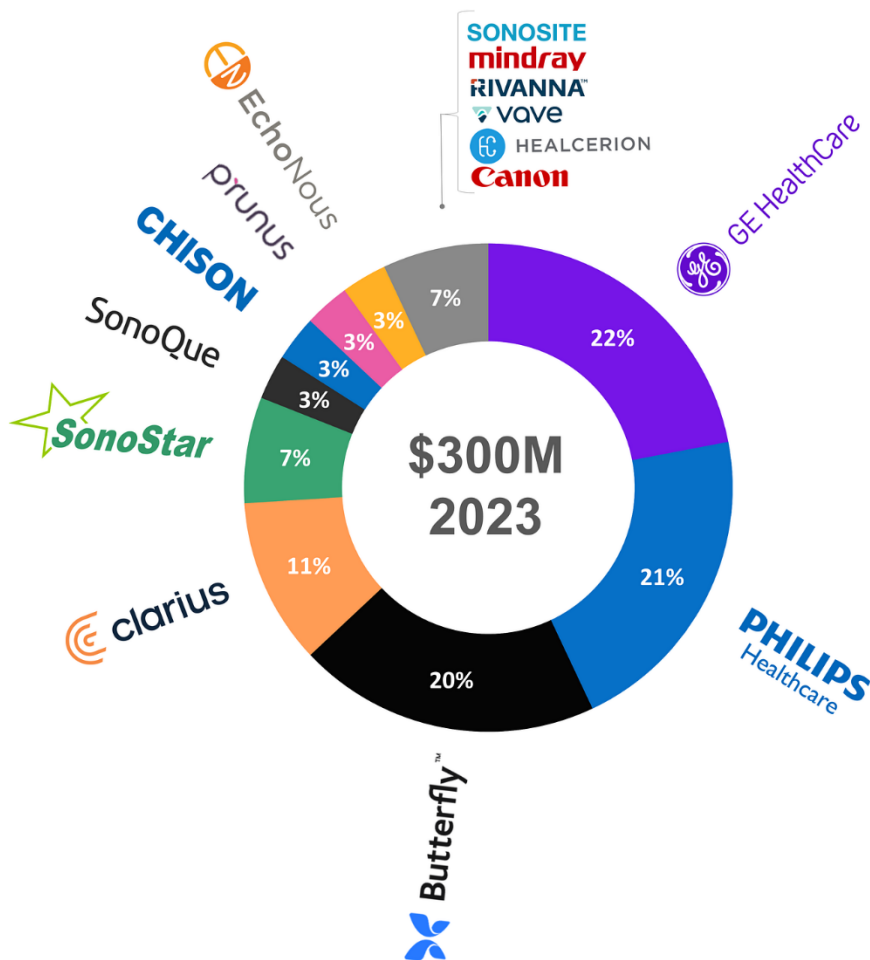
[26] « Échographie – Indications et déroulement », Elsan Care. Consulté le: 10 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.elsan.care/fr/pathologie-et-traitement/imagerie-medicale/echographie-indications-deroulement>

Annexes

Annexe 1 : Le marché des échographes portable [25]

Handheld Ultrasound Market Share

PHILIPS	Lumify	 EchoNous	Kosmos	 SonoStar	UProbe
 GE HealthCare	Vscan, Vscan Air	 HEALCERION	Sonon	RIVANNA	Accuro
 Butterfly	iQ, iQ+	mindray	TE7	Canon	Viamo
 clarius	Clarius HD3	SONOSITE	iViz	prunus	iSinQ



Reza Zahiri

Source: Signify, IHS, Omida