



**HAL**  
open science

# Avancée des pratiques des médecins urgentistes sur l'échographie pré-hospitalière en Hélismur : une revue narrative de la littérature

Baptiste Lesourd

## ► To cite this version:

Baptiste Lesourd. Avancée des pratiques des médecins urgentistes sur l'échographie pré-hospitalière en Hélismur : une revue narrative de la littérature. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03246903

**HAL Id: dumas-03246903**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03246903>**

Submitted on 2 Jun 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**UNIVERSITÉ DE PICARDIE JULES VERNE**

**FACULTÉ DE MÉDECINE D'AMIENS**

**ANNÉE 2021**

**N°2021-27**

**AVANCÉE DES PRATIQUES DES MÉDECINS URGENTISTES SUR  
L'ÉCHOGRAPHIE PRÉ HOSPITALIÈRE EN HÉLISMUR : UNE  
REVUE NARRATIVE DE LA LITTÉRATURE**

Thèse

Pour le Doctorat en médecine (diplôme d'État)

Spécialité Médecine d'urgence

Présentée et soutenue publiquement

Le 20/04/2021

PAR

**LESOURD BAPTISTE**

Président du Jury : Monsieur le Professeur M. SLAMA

Membres du Jury : Madame le Professeur M.A. SEVESTRE-PIETRI

Monsieur le Docteur C. BOYER

Monsieur le Docteur P. PINAUD

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur P. GOSSET



A mon président du jury,

**Monsieur le Professeur Michel SLAMA**

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Médecine intensive-réanimation)

Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques

Vous me faites l'honneur de présider cette thèse,

Soyez assuré de ma gratitude et de mon profond respect.



A mes membres du jury,

**Madame le Professeur Marie-Antoinette SEVESTRE-PIETRI**

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Médecine vasculaire)

Chef de service de Médecine Vasculaire

Vous me faites l'honneur de juger cette thèse,

Soyez assuré de ma gratitude et de mon profond respect.



**Monsieur le Docteur Christophe BOYER**

Praticien hospitalier (service de médecine d'urgence),  
Chef du service du SAMU 80,

Vous me faites l'honneur de juger cette thèse,  
Soyez assuré de ma gratitude et de mon profond respect.





**Monsieur le Docteur Pierre PINAUD**

Praticien hospitalier (service de médecine d'urgence),

Chef de service des urgences/SMUR du centre hospitalier de Clermont de l'Oise.

Pour ta bienveillance et ton amitié depuis le début de mon internat,

Pour m'avoir transmis ta passion pour la médecine d'urgence,

Tu me fais l'honneur de juger cette thèse.

Avec toute mon amitié.



A mon directeur de thèse,

**Monsieur le Docteur Pierre GOSSET**

Praticien Hospitalier

(Service de médecine d'urgence)

Responsable UF SAUV

Pour ton aide précieuse et ton accompagnement tout au long de la rédaction de cette thèse

Pour m'avoir guidé pendant mes recherches, et avoir su lever les doutes

Sois assuré de toute ma gratitude et de mon respect.



## Table des matières

<b>Lexique des abréviations .....</b>	<b>15</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>19</b>
<b>I. Introduction .....</b>	<b>21</b>
<b>1. Spécificités des interventions hélicoptérées.....</b>	<b>21</b>
<b>2. Échographie pré-hospitalière .....</b>	<b>22</b>
<b>II. Matériels et méthodes.....</b>	<b>24</b>
<b>III. Résultats .....</b>	<b>26</b>
<b>IV. Discussion .....</b>	<b>27</b>
<b>1. Extended Focused Assessment Sonography for Trauma .....</b>	<b>27</b>
1.1. En HéliSmur.....	27
1.2. En pré- et intra-hospitalier .....	29
1.3. Conclusion .....	34
<b>2. Echographie trans-thoracique et échographie pleuro-pulmonaire.....</b>	<b>35</b>
2.1. En HéliSmur.....	35
2.2. En pré et intra hospitalier .....	36
2.2.1. Dans le cadre de l'arrêt cardio-respiratoire.....	36
2.2.2. Dans le cadre du bilan de dyspnée .....	40
2.2.3. Dans le cadre de la douleur thoracique .....	44
2.2.4. Formation à l'échographie trans thoracique .....	44
2.3. Conclusion .....	45
<b>3. Doppler transcrânien .....</b>	<b>45</b>
3.1. Dans le cadre de l'Accident Vasculaire Cérébral .....	45
3.2. Dans le cadre du traumatisé crânien .....	48
3.3. Conclusion .....	51
<b>4. Echographie trans trachéale.....</b>	<b>52</b>
4.1. Conclusion .....	55
<b>V. Conclusion.....</b>	<b>57</b>
<b>VI. Bibliographie.....</b>	<b>59</b>



## Lexique des abréviations

**ACA:** Artère Cérébrale Antérieure

**ACM:** Artère Cérébrale Moyenne

**ACP:** Artère Cérébrale Postérieure

**ACR:** Arrêt Cardio Respiratoire

**AFHSH:** Association Française des médecins utilisateurs d'Hélicoptères Sanitaires Hospitaliers

**AVC:** Accident Vasculaire Cérébral

**BPCO:** Broncho Pneumopathie Obstructive Chronique

**DNO:** Diamètre du Nerf Optique

**E-FAST:** Extended Focus Assessment Sonography for Trauma

**ECG:** ElectroCardioGramme

**EtCO<sub>2</sub>:** End tidal CO<sub>2</sub>

**FAST-PS:** FAST- Pubic Symphysis

**HTIC:** Hyper Tension Intra Crânienne

**IRM:** Imagerie par Raisonance Magnétique

**Mode TM:** Mode Time Motion

**PAM:** Pression Artérielle Moyenne

**PIC:** Pression Intra Cérébrale

**RCP:** Réanimation Cardio Pulmonaire

**SAMU:** Service d'Aide Médicale Urgente

**SFMU:** Société Française de Médecine d'Urgence

**SMUR:** Service Mobile d'Urgences et de Réanimation

**UMH:** Unité Mobile Hospitalière

**VCI:** Veine Cave Inférieure

**VPN:** Valeur Prédictive Négative

**VPP:** Valeur Prédictive Positive





## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Diagramme de flux PRISMA .....	26
<b>Figure 2:</b> Hypovolémie en FAST échographie, incidence sous xiphoïdienne : veine cave inférieure plate et ventricules vides. ....	29
<b>Figure 3:</b> Pneumothorax en mode TM. ....	31
<b>Figure 4:</b> Hémopéritoine du récessus splénorénal. ....	32
<b>Figure 5:</b> Epanchement péricardique. ....	37
<b>Figure 6:</b> Algorithme de prise en charge de l'arrêt cardio-respiratoire selon critères échocardiographiques, selon la littérature.....	39
<b>Figure 7:</b> BLUE Protocol .....	41
<b>Figure 8:</b> Syndrome interstitiel retrouvé notamment dans l'oedème aigue pulmonaire bilatéral. ....	41
<b>Figure 9:</b> Pneumothorax, le signe du code barre en mode TM et l'absence totale de ligne B.42	
<b>Figure 10:</b> Hépatisation du poumon, pneumopathie. ....	42
<b>Figure 11:</b> image d'un épanchement pleural.....	43
<b>Figure 12:</b> doppler transcrânien au sein d'une cabine d'hélicoptère. ....	46
<b>Figure 13:</b> Exemple d'occlusion de l'artère cérébrale moyenne et antérieure, avec absence de couleur au doppler pulsé. ....	46
<b>Figure 14:</b> Echographie en mode 2D du DNO chez un patient indemne, sans HTIC. ....	50
<b>Figure 15:</b> Positionnement de la sonde lors de l'étude du DNO par échographie. ....	51
<b>Figure 16:</b> A - Visualisation d'une intubation trachéale, avec une image en queue de comète. B - Intubation oesophagienne avec visualisation de l'oesophage, qui n'est normalement pas visible en intubation trachéale. ....	54
<b>Figure 17:</b> Image d'une intubation oro-trachéale en coupe sus sternale.....	55



## **Liste des tableaux**

**Tableau 1:** Indications de réalisation d'une échocardiographie per et post RCP ..... 38



# **I. Introduction**

## **1. Spécificités des interventions hélicoptérées**

L'HéliSmur est défini dans une publication de **Braun et al** (1) comme l'entité suivante : « Un HéliSmur est une Unité Mobile Hospitalière (UMH) qui utilise un vecteur aérien dédié à la Structure de Médecine d'Urgence et Réanimation (SMUR), dont il est un effecteur, engagé sur décision de la régulation médicale du Service d'Aide Médicale Urgente (SAMU), qu'il s'agisse d'une intervention primaire (suivie ou non d'un transport de patient) ou d'un transfert inter-hospitalier. » (1)

**Berthier et al.** (2) ont décrit en 2012 les spécificités des interventions hélicoptérées, avec les questions qui se posent alors au médecin régulateur. L'intervention est-elle réalisable ? Existe-t-il des contre-indications ?

Les missions des équipes d'HéliSmur sont vastes. Son utilisation prédomine cependant pour les interventions primaires, les patients coronariens, les traumatisés crâniens, les patients de néonatalogie et d'obstétrique, et en secondaire les patients en recherche de lits de réanimation selon les auteurs. Les transports par hélicoptère permettent « un accès rapide aux soins et de combler le vide médical dans certaines régions rurales sous dotées en augmentant le rayon d'intervention des équipes du SMUR. »

En France, une équipe d'HéliSmur est composée d'un médecin urgentiste, d'une infirmière diplômée d'état, et du personnel navigant. Dans certains pays, l'équipe peut être paramédicale.

Le délai entre la décision d'une intervention hélicoptérée et le départ « doit être inférieur à 10 minutes avec la nécessité d'organiser en amont les zones de poser disponibles ».

Les contre-indications sont peu nombreuses mais sont tout de même à connaître. (2,3) Parmi elles figurent les « patients très instables dont une réanimation nécessaire à très court terme est évidente, les menaces d'accouchement imminent, les patients agités ou violents ». A noter que les pneumothorax doivent être drainés avant transport, et figurent parmi les contre-indications relatives.

Les auteurs ont également listé les bénéfices et inconvénients de l'HéliSmur grâce à une revue de la littérature (2) . Parmi les bénéfices, nous retrouvons notamment :

- Le confort,
- La sécurité,
- Les bénéfices médicaux par réduction de la morbi-mortalité, et organisationnels en améliorant l'égalité des chances.

Parmi les inconvénients, les auteurs retiennent :

- La météo,
- L'accessibilité aux hôpitaux qui ne disposent parfois pas de zones de poser malgré les recommandations de l'Association Française des médecins utilisateurs d'Hélicoptères Sanitaires Hospitaliers (AFHSH) (4)
- La pollution,
- La taille de la cabine,
- L'isolement phonique,
- Et enfin la nécessité de formation spécifique.

En conclusion, « l'HéliSmur n'améliore pas les soins », mais « potentialise les équipes de SMUR terrestres ».

## **2. Échographie pré-hospitalière**

Dès 1983, **Massen et Mercat** (5) ont présenté un travail sur l'intérêt de l'échographie dans les véhicules de transport primaire des patients.

Travail repris notamment par Messieurs **Lapostolle et Adnet** en 2005 (6) dans une communication dans la Revue des SAMU, reprenant l'histoire de l'échographie à travers le temps, et les différents obstacles et avancées rencontrées. Le coût et la taille représentaient des freins importants pour leur utilisation en routine. La diminution des formats au fil du temps, et la réduction de leur prix font des échographes un outil qui devrait figurer dans chaque structure d'urgence.

L'utilisation de l'échographie par l'urgentiste n'est plus optionnelle, et les sociétés savantes décrivent les compétences que doivent acquérir les médecins urgentistes en échographie clinique, appliquée à la médecine d'urgence. Les champs d'application sont larges et peuvent aussi bien concerner l'échographie abdomino-pelvienne, cardiaque, musculosquelettique que l'échographie vasculaire. (7)

L'arsenal thérapeutique à la disposition du médecin urgentiste lors d'interventions extra hospitalières est cependant limité. L'échographie appliquée aux urgences a prouvé son utilité, et peut fournir de précieuses données aux cliniciens prenant en charge des patients en soins critiques. La littérature confirme d'ailleurs la superposabilité des résultats entre le diagnostic de l'urgentiste en extra-hospitalier avec l'échographie, et le diagnostic final de fin de prise en charge aux urgences, avec une concordance au-delà des 90%. (8)

L'échographie pré-hospitalière peut amener le médecin urgentiste à modifier la prise en charge initiale, ou demander le transfert du patient dans un centre hospitalier avec un plateau technique plus adapté. (9)

En utilisant des protocoles d'acquisition des images standardisés, la réalisation de l'échographie pré-hospitalière est rapide, et d'une grande précision pour un opérateur entraîné. (10)

**Walcher et al.** (11) ont d'ailleurs démontré une modification de 20% du plateau d'aval suite aux résultats de l'échographie pré-hospitalière, ce qui a son importance, surtout en milieu rural, ainsi qu'un changement de prise en charge pré-hospitalière pour 30% des patients.

L'échographie ne doit cependant pas s'inscrire comme seul outil diagnostique, et doit venir compléter l'examen clinique du patient pour permettre d'accroître les performances diagnostiques. (12)

Par ailleurs, les études actuelles sur l'échographie pré-hospitalière sont très hétérogènes et portent souvent sur un faible nombre de patients. Il n'y a pas d'essai contrôlé randomisé présent dans la littérature. (13)

Après cet état des lieux, le transport hélicoptéré de patients par des équipes de SMUR sont bien établis dans la littérature. L'utilisation de l'échographie pré hospitalière se développe peu à peu, mais ses modalités d'usage dans un vecteur aérien sont peu étayées et nécessite une analyse approfondie de la littérature pour faire le point sur ce qu'il est actuellement possible de réaliser.



## II. Matériels et méthodes

Pour répondre à la question posée, nous avons effectué une revue narrative de la littérature disponible actuellement.

Deux moteurs de recherche ont été utilisés : PubMed et ScienceDirect.

Il n'y avait pas de limite d'ancienneté dans la sélection des articles, ni de critères géographiques.

Les critères de sélection des articles étaient :

- Rédigés en anglais ou en français uniquement,
- Portant sur l'échographie en médecine d'urgence à l'exception d'articles permettant d'étoffer certains aspects de l'échographie en médecine d'urgence,
- Types d'étude : revues de littérature, méta-analyses, études observationnelles prospectives ou rétrospectives, études de cohortes.

Les équations de recherche comportaient les termes suivants :

« Pre hospital » ; « ultrasound » ; ou « ultrasonography » ; « hélicoptère » , puis s'ajoutaient les mots clés en rapport avec le système étudié par exemple « E-FAST » , « echocardiography » , « pleural » ou encore « trans tracheal ».

Ainsi sur **PubMed**, l'équation était la suivante :

« Pre hospital » AND « ultrasonography »

« Pre hospital » AND « ultrasound »

« Helicopter » AND « ultrasonography »

« Helicopter » AND « ultrasound »

« Pre hospital » AND « ultrasound » AND « E-FAST » ; et ainsi de suite.

Sur **ScienceDirect**, les recherches étaient effectuées en langue française, avec les mêmes mots clés.

Les critères d'exclusion étaient :

- Études réalisées sur des patients pédiatriques, âgés de moins de 18 ans
- Thème trop éloigné du sujet

La qualité des articles pouvait être analysée si nécessaire selon les lignes directrices STROBE en cas de doute méthodologique, pour les études observationnelles.

Pour chaque étude analysée, le ou les objectifs de l'étude, la population étudiée, la taille de l'échantillon, le type d'étude, la date de l'étude à titre indicatif, le pays où l'étude est réalisée à titre indicatif, les résultats de l'étude ainsi que ses limites principales étaient recherchés.

La recherche a été complétée par des recommandations des sociétés savantes, notamment celles de la Société Française de Médecine d'Urgence en termes d'échographie appliquée à la médecine d'urgence, mais également d'articles nécessaires pour expliquer le contexte de la recherche (historique, etc...).

### III. Résultats

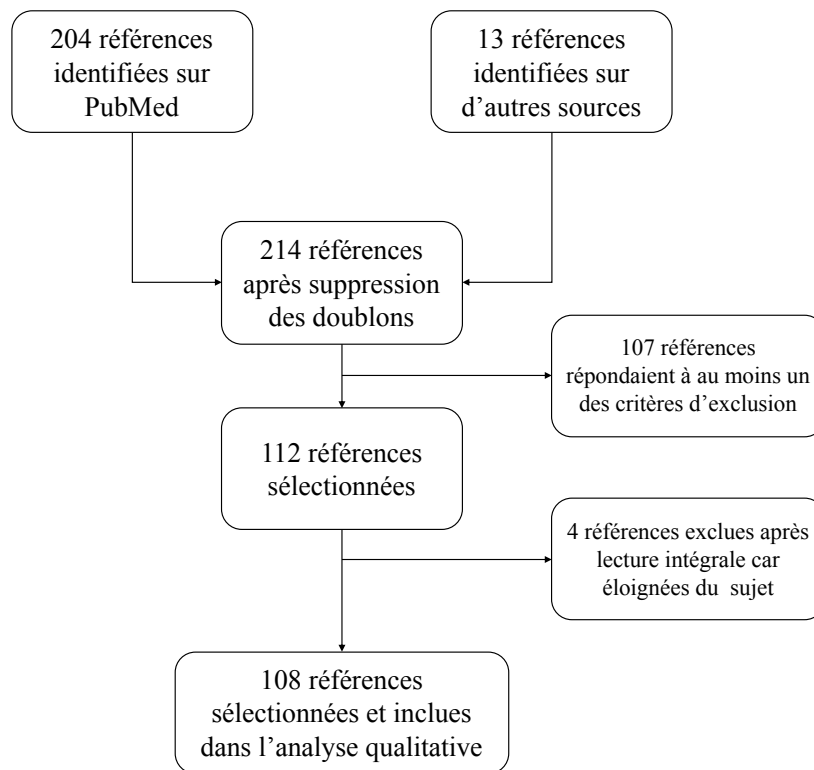
Parmi les 217 références retrouvées, 3 étaient des doublons d'articles traduits du français à l'anglais et figurant à la fois sur PubMed et ScienceDirect.

Ainsi, 214 abstract ont été isolés parmi lesquels 112 articles ont été retenus et 102 supprimés, car ils comportaient au moins l'un des critères d'exclusion. De plus, 4 articles ont été exclus après lecture car finalement trop éloignés du sujet.

Sur les 108 articles finaux, 77 ont été lus en intégralité, principalement pour approfondir la méthodologie, ou à la recherche d'iconographies.

L'article le plus ancien date de 1983 et le plus récent a été publié 2020.

Les pays publiant le plus sur l'échographie en médecine d'urgence, notamment pré-hospitalière sont la France, l'Allemagne, les Pays-Bas, et les Etats-Unis.



**Figure 1:** Diagramme de flux PRISMA

## **IV. Discussion**

### **1. Extended Focused Assessment Sonography for Trauma**

L'Extended Focus Assessment Sonography for Trauma ou E-FAST est aujourd'hui démocratisée dans toutes les structures d'accueil des urgences et dans la pratique des médecins urgentistes. Selon les recommandations de la Société Française de Médecine d'Urgences, il est établi que les structures d'urgences doivent disposer d'un échographe. (7)

#### **1.1. En HéliSmur**

La bibliographie associée à la réalisation de l'E-FAST en HéliSmur est plutôt pauvre. Mais les études réalisées jusqu'alors s'accordent sur la possible modification d'orientation et de triage du patient, permettant d'améliorer sa prise en charge.

La première interrogation demeure sur les conditions de réalisation de l'échographie dans un hélicoptère en plein vol. L'acquisition des images peut s'avérer complexe par manque de temps, pannes matérielles, ou difficultés d'accès au patient. (15)

**Price et al.** (16) ont démontré la faisabilité de l'E-FAST dans des conditions de vol. Le panel d'opérateurs allait de « peu » à « très expérimenté ». La durée moyenne des 10 opérateurs pour réaliser le geste était de trois minutes. La procédure était réalisée lors d'interventions ou en simulation. Les participants remplissaient à posteriori un questionnaire et cotaient la difficulté de réalisation sur une échelle de 0 à 5 (0 comme absolument pas difficile et 5 très difficile). Aucun examinateur n'a considéré les vibrations, les câbles du scope ou le ventilateur comme une entrave à la bonne réalisation de l'examen, à la différence des sangles, du contre-jour et des habits du patients (interquartile de 0 à 1).

Les pilotes n'ont par ailleurs pas rapporté d'interférences sur les avioniques.

D'autres études se sont intéressées cette fois-ci à la précision de l'échographie E-FAST en condition de vol.

**Yates et al.** (14) ont comparé dans une étude sur près de 190 patients, les données de l'échographie réalisée par une équipe hélicoptérée, aux données de la tomodensitométrie et du compte-rendu opératoire du chirurgien, considérés tout deux comme Gold Standard. Ils retrouvent une Valeur Prédictive Positive (VPP) de 100% et une Valeur Prédictive Négative

(VPN) de 98.3% pour l'E-FAST en HéliSmur. La pathologie dont le diagnostic n'a pu être fait lors de l'échographie est le plus souvent un pneumothorax de faible abondance.

Les auteurs s'accordent à dire que l'échographie ultra précoce peut directement impacter l'orientation du patient, notamment un transfert immédiat en salle de bloc opératoire, diminuant le retard de prise en charge et en diminuant la mortalité de surcroît. L'examen est répété dans le temps, et permet d'améliorer la préparation de l'équipe hospitalière (urgentistes et chirurgiens) à l'arrivée du patient.

Cependant, il apparaît difficile de conclure d'un effet ou non sur la mortalité grâce à l'échographie, puisqu'il s'agissait d'un critère de jugement secondaire de l'étude.

L'E-FAST dans des conditions de vol bénéficie, selon la littérature, d'une spécificité intéressante, mais d'une faible sensibilité.

**Press et al. (17)** se sont intéressés aux résultats de l'échographie E-FAST en vol, comparés à ceux du scanner intra-hospitalier, selon la pathologie étudiée.

Elle porte sur 211 patients. Les résultats sont les suivants :

- Sensibilité et spécificité pour l'hémopéritoine : 46% (IC95% 27,1-94%) et spécificité 94% (IC95%, 89,2%-97%)
- Sensibilité et spécificité pour le pneumothorax : 18,7% (IC95% 8,9%-33,9%) et 99,5% (IC95% 98,2%-99,9%) (17)

La positivité de l'examen permet de réduire les délais de triage, en adressant les patients directement dans les centres adéquats, de par ses fortes valeurs de spécificité. Elle nécessite cependant d'être répétée dans le temps, et sa négativité n'élimine aucun diagnostic. (18)

Un examen réalisé par des opérateurs entraînés et expérimentés permet une augmentation des résultats, notamment de la sensibilité jusqu'à près de 85%, mais dans une étude probablement surévaluée du fait de l'exclusion des patients peu échogènes ou avec une hémodynamique instable. (19)

Dans ce contexte, l'échographie s'avère être un outil précieux, notamment dans le diagnostic pré-hospitalier de pneumothorax. Elle peut permettre un traitement plus précoce de ceux-ci par exsufflation en pré-hospitalier, bénéficiant d'une spécificité intéressante. (20)

Certaines études ont retrouvé une sensibilité plus importante de l'échographie E-FAST par rapport à la radiographie thoracique, et pouvant parfois rivaliser avec celle du scanner selon la littérature. (21,22)

## 1.2. En pré- et intra-hospitalier

Afin de mieux visualiser les possibilités offertes par l'échographie en HéliSmur, il convient maintenant de s'intéresser à ce que la littérature décrit en pré- et intra-hospitalier.

En pré-hospitalier, l'échographe peut s'intégrer à l'examen clinique et il est nécessaire de savoir le maîtriser.

Cet examen peut modifier à lui seul le devenir du patient, le centre hospitalier de destination, ou encore le moyen de transport (terrestre ou aérien). (23)

Une revue de littérature hollandaise, après revue de 3343 articles, (24) dont seulement 9 répondaient aux critères d'inclusion, a retrouvé un changement dans la prise en charge pré-hospitalière entre 6 et 48,9%. Cependant, la sensibilité et spécificité de l'E-FAST était élevée et concordante pour la totalité d'entre elles.

Il peut s'intégrer comme un des éléments de triage en cas d'afflux important de victimes, ou sur des théâtres de médecine de catastrophe. Par exemple, l'échographie peut permettre une étude rapide de l'état volémique du patient, et guider les remplissages. (25) (**Figure 2**)



**Figure 2:** Hypovolémie en FAST échographie, incidence sous xiphoïdienne : veine cave inférieure plate et ventricules vides.

D'après **Favier et al.** (25)

L'échographie ne doit cependant pas retarder la prise en charge du patient.

**Lapostolle et al.** (12) ont retrouvé une durée moyenne d'examen de 3 minutes, pouvant être amenée à encore diminuer avec des opérateurs plus entraînés. C'est également la durée moyenne retrouvée dans la littérature portant sur des situations d'intervention hélicoptérée. (16)

Sur le plan de la précision de l'examen en extra-hospitalier, la littérature est en faveur d'une précision élevée.

**Brun et al.** (26) ont randomisé trois groupes. Un groupe avec une échographie réalisée sur les lieux de l'intervention, un autre où elle est réalisée pendant le transport, et un dernier groupe où l'échographie est répétée entre le lieu d'intervention et pendant le transport. La précision calculée était respectivement de 95%, 97% et 100%. La durée d'examen n'était pas significativement différente qu'il soit réalisé sur site ou pendant le transport, soulignant ainsi l'importance de répéter l'examen dans le temps.

**Walcher et al.** (11) ont comparé la sensibilité/spécificité et la précision de l'échographie pré-hospitalière à l'examen clinique. Elles étaient de 93%, 99% et 99% respectivement en faveur de l'échographie, pour 93%, 52% et 57% pour l'examen clinique.

Un des intérêts majeur de l'échographie pré-hospitalière est la faible proportion de faux positifs, voire l'absence totale selon certaines études, (27) expliquant alors sa fiabilité dans la prise en charge pré-hospitalière. (28)

Cependant, **Jorgensen et al.** (29) se sont accordés à dire que la littérature actuelle sur l'E-FAST en pré-hospitalier était composée essentiellement d'études de faible niveau de preuve, et pour des situations cliniques diverses. Les paramètres à prendre en compte pour juger de l'efficacité de l'échographie pré-hospitalière sont nombreux, notamment le facteur temps. Cependant, l'utilisation des ultrasons en pré-hospitalier apparaît réalisable et très fiable pour la détection des hémopéricardes et pneumothorax, et plus fiable que l'examen clinique.

**Soyuncu et al.** (30) ont retrouvé une sensibilité de l'échographie deux fois supérieure à l'examen clinique pour la recherche d'hémopéritoine post-traumatique.

Une revue systématique de littérature a évalué la valeur prédictive de plusieurs signes cliniques. La propriété discriminante de ceux-ci était plutôt faible. Les rapports de vraisemblance étaient les suivants : douleurs à la décompression de l'abdomen 6,5 (interquartile 1,8-24); hématurie 4,1 (3,4-4,9); distension abdominale 3,8 (1,9-7,6); défense 3,7 (2,3-5,9); douleur abdominale spontanée 1,6 (1,3-2); douleur à la palpation de l'abdomen 1,4 (1,3-1,5). Avec un rapport de vraisemblance négatif  $> 0,1$ , l'absence de ces signes ne permet pas d'exclure une lésion intra-abdominale.(18)

D'autres revues de littérature ont montré après analyse qu'il était simple de former le personnel à l'utilisation de l'échographie appliquée aux urgences. Cela peut changer la prise en charge pré-hospitalière des patients mais il n'est pas prouvé que le pronostic soit amélioré par

l'échographie (9). L'E-FAST est parfaitement réalisable en pré-hospitalier, mais sa réalisation ultra précoce ne permet pas d'éliminer une lésion intra-abdominale post-traumatique en cas de normalité. (31)

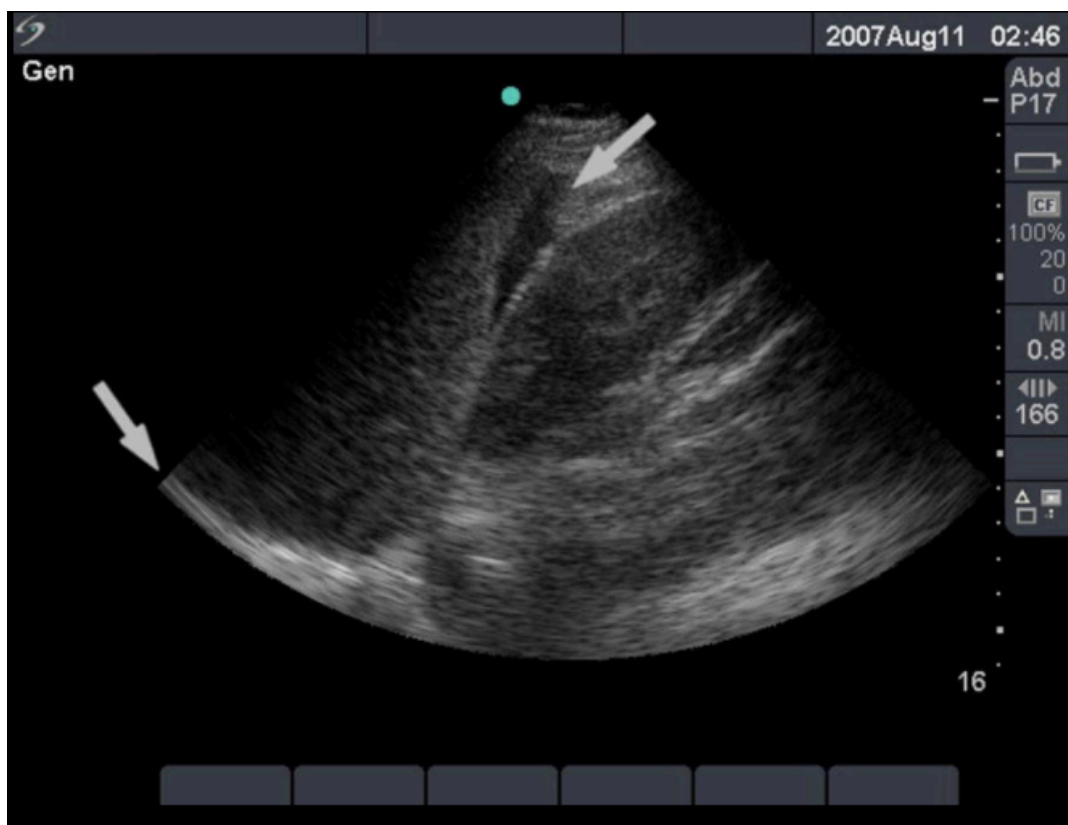
Une étude a comparé les résultats de l'échographie au gold standard (tomodensitométrie), entre médecins urgentistes et radiologues. Les résultats étaient les suivants : la sensibilité et la spécificité de l'échographie par les radiologues, confirmées par scanner, étaient respectivement de 85,7% et 96% dans le cadre de l'E-FAST. Celles des urgentistes étaient de même précision. (32)

L'échographie est un acte non invasif, non irradiant, et qui, s'il ne retarde pas la prise en charge du patient, n'aura pas d'impact péjoratif sur la mortalité. Au mieux, elle permettrait de réduire les prescriptions de scanner aux urgences, comme démontré par **Ketelaars et al. (33)**. (Figures 3-4)



**Figure 3:** Pneumothorax en mode TM.  
D'après **Ketelaars et al.**





**Figure 4:** Hémopéritoine du récessus splénorénal.  
D'après **Ketelaars et al.**

En intra-hospitalier, l'utilisation de l'échographie E-FAST est beaucoup plus vaste. Elle cible principalement les diagnostics de pneumothorax et d'hémopéritoine. Dès 1998, certains auteurs ont proposé l'échographie comme examen paraclinique de premier choix dans la prise en charge des traumatisés abdominaux ou thoraciques, et de par ses caractéristiques intrinsèques, l'examen permettait d'affirmer la présence d'un épanchement intra-abdominal chez les patients avec une E-FAST positive, en particulier en cas d'instabilité hémodynamique. (34)

Une méta analyse de **Netherton et al.** portant sur des E-FAST réalisées aux urgences, a retrouvé une sensibilité et spécificité de 69% et 99% respectivement pour le diagnostic de pneumothorax, et 74% et 98% pour les hémopéritoines. (35)

La sensibilité de l'échographie était supérieure à celle de la radiographie thoracique dans plusieurs études. Il semble cependant que la sensibilité de l'échographie diminue si on y combine la recherche de pneumothorax et d'hémopéritoine. (22,36)

**Akoglu et al.** (37), ont conclu à la nécessité de ne pas se passer du scanner s'il n'y a pas d'instabilité hémodynamique.

La plupart des pneumothorax non diagnostiqués à l'échographie étaient pour la plupart de localisation atypique et de faible abondance. Cependant certains d'entre eux ont parfois

nécessité une prise en charge thérapeutique par drainage, il ne faut donc pas passer à côté du diagnostic. (38)

Pour pallier au manque de sensibilité de l'E-FAST dans la détection d'épanchement rétropéritonéal lors de fractures du bassin, certains auteurs se sont intéressés à la visualisation de la symphyse pubienne dans les fenêtrages échographiques de l'E-FAST, appelé « FAST PLUS ».

Ainsi, en 2011, **Bauman et al.** (39) ont réalisé une étude sur 23 patients traumatisés. Ils ont mesuré la symphyse pubienne via l'échographie et par radiographie de bassin. Quatre patients avaient un élargissement de la symphyse pubienne à la radiographie (diastasis), et 19 avaient un diamètre considéré comme normal. Les résultats entre échographie et radiographie pelvienne étaient les mêmes. Un cut off de 25mm de diamètre, tiré de la littérature, était considéré comme positif.

Une étude plus récente datant de 2020 (40) s'est également penchée sur cette méthode. Il y a été inclu 67 patients de manière rétrospective, victimes de polytraumatismes. L'étude du diamètre de la symphyse pubienne était de nouveau associée à l'E-FAST, à la recherche d'un diastasis, synonyme de fracture dite « en livre ouvert », à fort risque hémorragique. Cette fois-ci, les résultats ont été comparés au scanner qui représente le gold standard actuel. Cinq des 7 patients inclus avait un diamètre de symphyse pubienne supérieur à 25mm à l'échographie. Ces résultats positifs furent tous confirmés par le scanner du bassin, ce qui fut également le cas quand la recherche était négative, avec un Kappa égal à 1, synonyme d'une concordance parfaite entre les 2 examens.

Ces résultats probants permettraient de mettre en place plus rapidement la ceinture pelvienne, d'appréhender les patients à forts risques hémorragiques. Cela pourrait conduire également à réduire les manipulations du bassin lors de l'examen clinique initial, qui n'est plus recommandée.

En France, une étude a évalué la formation à l'échographie pratiquée en urgence pré-hospitalière. Les performances étaient satisfaisantes à partir de deux demi-journées de formation et 20 examens (sensibilité : 92 %, spécificité : 98 %). (41) (46)

Il semble acquis que la formation théorique peut être courte, de l'ordre de quelques heures. De même, la prise en main de l'appareil et l'entraînement sur volontaire sain ne nécessite qu'une dizaine d'examens. En revanche, le nombre d'examens sur les patients traumatisés dans le cadre

de la formation dépend de la prévalence de la pathologie. Le nombre d'examens nécessaires sur patients traumatisés pour valider la technique aux mains d'urgentistes se situe probablement entre 20 et 50.

Les auteurs ont conclu que si la prévalence de la pathologie « cible » était inférieure à 20%, 50 examens sur des patients devaient être réalisés ; si la prévalence était supérieure à 20%, alors 30 examens pouvaient suffire. (42) Cependant, les données de la littérature sur l'apprentissage sont très divergentes. Les courbes d'apprentissage théoriques sont variables : entre 1 et 100 heures et entre 20 et 300 examens. (43–45)

Les appareils portables ont été comparés aux appareils de références d'échographie. **Goodkin et al.** (47) ont comparé les résultats de l'échocardiographie réalisée en milieu de réanimation avec un appareil portable. Quatre-vingts patients ont été investigués. L'échographie portable s'est révélée moins performante avec 31 % d'erreurs ou de faux négatifs. Les raisons évoquées étaient l'absence de mode TM, de doppler et de couleur. Les appareils portables dernière génération intègrent cependant le doppler couleur et le mode TM.

Un travail allemand a étudié l'intérêt que pouvait avoir l'échographie dans la prise en charge des polytraumatisés en milieu pré-hospitalier. Les échographies étaient réalisées par des urgentistes dans ce travail. La technique était de type E-FAST avec une fenêtre pleurale. Les temps moyens d'examen étaient de  $2,8 \pm 1,2$  minutes. La spécificité était de 97,5 % et la sensibilité de 100 %. Dans 37% des cas, les résultats de l'examen échographique modifiaient la prise en charge pré-hospitalière et pour 21 % des patients, l'orientation hospitalière était influencée par cet examen. (48)

A noter que les français étaient précurseurs et proposaient l'utilisation de l'échographie sur les interventions primaires en SMUR dès 1983, par **Massen et al.** (5)

### 1.3. Conclusion

L'E-FAST est donc déjà démocratisée dans la pratique courante des médecins urgentistes. Elle peut permettre de diagnostiquer avec une excellente spécificité les pneumothorax en extra-hospitalier chez les patients traumatisés graves, et peut s'avérer précieuse en HéliSmur si il survient une dégradation sur le plan respiratoire du patient transporté. Elle nécessite peu de formation. C'est un examen rapide qui doit permettre de ne pas retarder la prise en charge du

patient. Pour les épanchements abdominaux, il est primordial de répéter l'examen dans le temps. L'échographie dans la détection d'hémopéritoine n'est pas moins performante qu'un examen clinique en pré-hospitalier, et est le seul outil diagnostique à la disposition du clinicien.

## **2. Echographie trans-thoracique et échographie pleuro-pulmonaire**

### **2.1. En HéliSmur**

Peu d'études s'intéressent à la réalisation de l'échocardiographie et échographie pleuro-pulmonaire en HéliSmur. La majorité d'entre elles sont axées principalement sur la recherche de pneumothorax, et rejoignent la littérature associée à l'E-FAST.

Pour l'échocardiographie, les conditions de réalisation étant particulières, avec plusieurs coupes échographiques, nécessitant une sonde adaptée, celle-ci est parfois délicate même en intra-hospitalier pour des opérateurs peu entraînés, il est facile de comprendre le manque de littérature à son sujet quant à sa réalisation en HéliSmur. La plupart des articles porte sur son utilité dans l'arrêt cardiaque, et est donc réalisée sur les lieux de l'intervention, et non pendant le vol.

**Ketelaars et al.** (49) se sont intéressés à la modification de la décision thérapeutique après échographie dans les pneumothorax. Dans une étude portant sur 281 patients, la prise en charge a été modifiée pour 21% d'entre eux. Pour 4% des patients, le drainage thoracique a été abandonné après échographie, et 4% ont vu le centre hospitalier de transport modifié.

L'algorithme de la réalisation de l'échographie dans la recherche de pneumothorax repose notamment sur la réalisation d'une coupe en mode TM. Au premier abord, il peut paraître difficilement réalisable notamment en raison des vibrations qui perturberaient la bonne qualité de l'image. Cependant, la littérature est rassurante à ce sujet, peu importe les conditions de vol, que l'hélicoptère soit en vol stationnaire ou en plein vol. (50)

Plusieurs études se sont portées sur la précision de l'échographie pleurale en HéliSmur, en la comparant aux données intra-hospitalières. Ainsi, en 2013, **Roline et al.** ont été les premiers à évaluer l'échographie thoracique lors d'une intervention HéliSmur. Il a été réalisé 41 échographies pleurales. Des radiologues ont revu les images à posteriori, et tombent d'accord avec l'interprétation pré-hospitalière pour la plupart d'entre elles. 54% des images étaient considérées comme de bonne qualité, contre 46% de mauvaise qualité. Le manque de temps et le manque d'espace étaient considérés comme des facteurs limitants. Les auteurs concluent à la

faisabilité de l'échographie pleurale en hélicoptère mais que la courbe d'apprentissage est longue et nécessite des opérateurs entraînés pour obtenir des images de meilleure qualité. (51)

**Quick et al.** ont retrouvé une précision de l'échographie pleuro-pulmonaire en HéliSmur similaire à l'échographie pleuro-pulmonaire intra-hospitalière, avec une sensibilité de 91% et une spécificité de 96% pour le diagnostic de pneumothorax. (52)

Enfin, l'intérêt majeur de l'échographie dans un hélicoptère réside dans les conditions d'examen hostiles du patient. Une cabine exiguë, le bruit, les vibrations rendent l'examen clinique difficilement réalisable. Le case report de **Madill et al.** en est l'exemple concret. Leur patient devenu instable sur le plan hémodynamique à la suite d'un traumatisme thoracique fermé, a bénéficié d'une échographie pendant le transport hélicoptère qui a permis de mettre en évidence un pneumothorax qui n'avait pas été visualisé lors de la première échographie sur les lieux d'intervention. L'exsufflation a été réalisée pendant le vol et a permis de stabiliser le patient et de le transporter jusqu'au centre hospitalier de destination, soulignant également l'intérêt de répéter l'examen dans le temps. (53)

## 2.2. En pré et intra hospitalier

### 2.2.1. *Dans le cadre de l'arrêt cardio-respiratoire*

L'arrêt cardio-respiratoire est fréquemment rencontré au cours de la carrière du médecin urgentiste, que ce soit en extra-hospitalier dans le cadre d'une activité SMUR, ou en intra-hospitalier.

**Ketelaars et al.** (54), dans une étude observationnelle pré-hospitalière, ont résumé les possibilités de l'échocardiographie en médecine d'urgence dans le cadre de l'arrêt cardio-respiratoire.

En réalisant 102 échocardiographies sur des patients en arrêt cardio-respiratoire, ils ont retrouvé un impact dans le traitement du patient pour 88% d'entre eux. L'impact thérapeutique pouvait résider en l'arrêt de la réanimation sans qu'il en soit cependant expliqué la raison exacte, le remplissage, le choix de la destination hospitalière, et parfois dans le choix des drogues de réanimation et leur posologie.

Dans le cadre d'arrêt cardio-respiratoire extra-hospitalier, l'échocardiographie peut permettre la recherche de cause curable, comme par exemple, une hypertrophie ventriculaire droite dans le cadre d'un infarctus droit ou d'une embolie pulmonaire, un collapsus du ventricule gauche

et/ou du ventricule droit dans le cadre d'une tamponnade, avec visualisation de l'épanchement, ou encore d'un pneumothorax. (55,56)

Cependant, il existe peu de description de la faisabilité de l'échocardiographie lors de l'arrêt cardiaque en pré-hospitalier.

Les médecins urgentistes sont capables de mettre en évidence un épanchement péricardique. (57,58) (**Figure 5**)



**Figure 5:** Epanchement péricardique.  
D'après **Mandavia et al** (58)

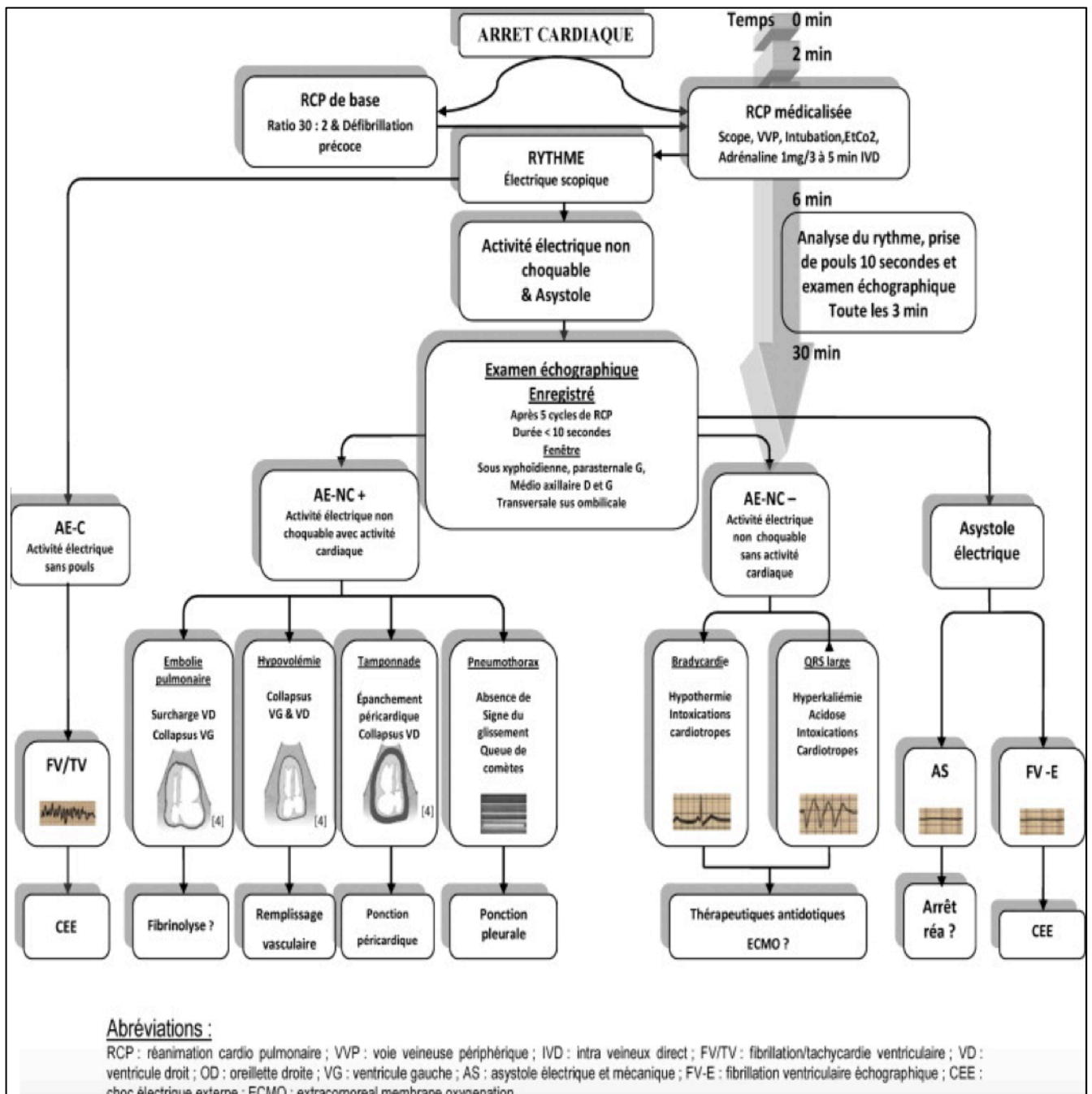
L'étude **Breitkreutz et al.** (59) a décrit les indications de réalisation de l'échocardiographie per- et post-réanimation cardio-pulmonaire. (**Tableau 1**)

*Tableau 1: Indications de réalisation d'une échocardiographie per et post RCP*

Per RCP	Post RCP
Asystolie	Hypotension
Activité électrique sans pouls (hors TV et FV)	Adaptation des amines
Suspicion de tamponnade	
Suspicion d'embolie pulmonaire	
Recherche d'une activité musculaire myocardique	
Qualité de la RCP	
Contrôle intubation par visualisation du glissement pleural	

Les résultats ont souligné le caractère péjoratif de la non visualisation d'une activité de contractilité myocardique. L'échographie a permis d'adapter les thérapeutiques pour 80% des patients présentant une activité électrique non choquable.

**Querellou et al.** (55) proposent un algorithme de prise en charge en fonction de l'échographie et tiré de la littérature. (**Figure 6**)



**Figure 6:** Algorithme de prise en charge de l'arrêt cardio-respiratoire selon critères échocardiographiques, selon la littérature.  
D'après **Querellou et al.**

Plusieurs études se sont intéressées à corréler l'échographie et le pronostic de survie des patients en arrêt cardio-respiratoire.

Dans une étude comparative, **Aichinger et al.** (60) ont retrouvé que les mouvements musculaires cardiaques visibles à l'échographie lors d'arrêt cardiaque extra-hospitalier, constitueraient un critère de survie statistiquement significatif, à la différence de la capnographie, du rythme initial (choquable ou non choquable), ou encore de l'âge du patient.



Cependant, les études utilisant l'échocardiographie comme outil pronostic dans la survie des patients en asystolie divergent. L'une a conclu que la survie de ces patients était nulle avec une VPP de 100% et une VPN de 58%, et l'autre fondée sur la mesure du CO2 expiré associée à l'échographie et menée sur un collectif de 102 patients, a conclu que seul l'ETCO2 était un paramètre pronostic indépendant de survie. (61–63)

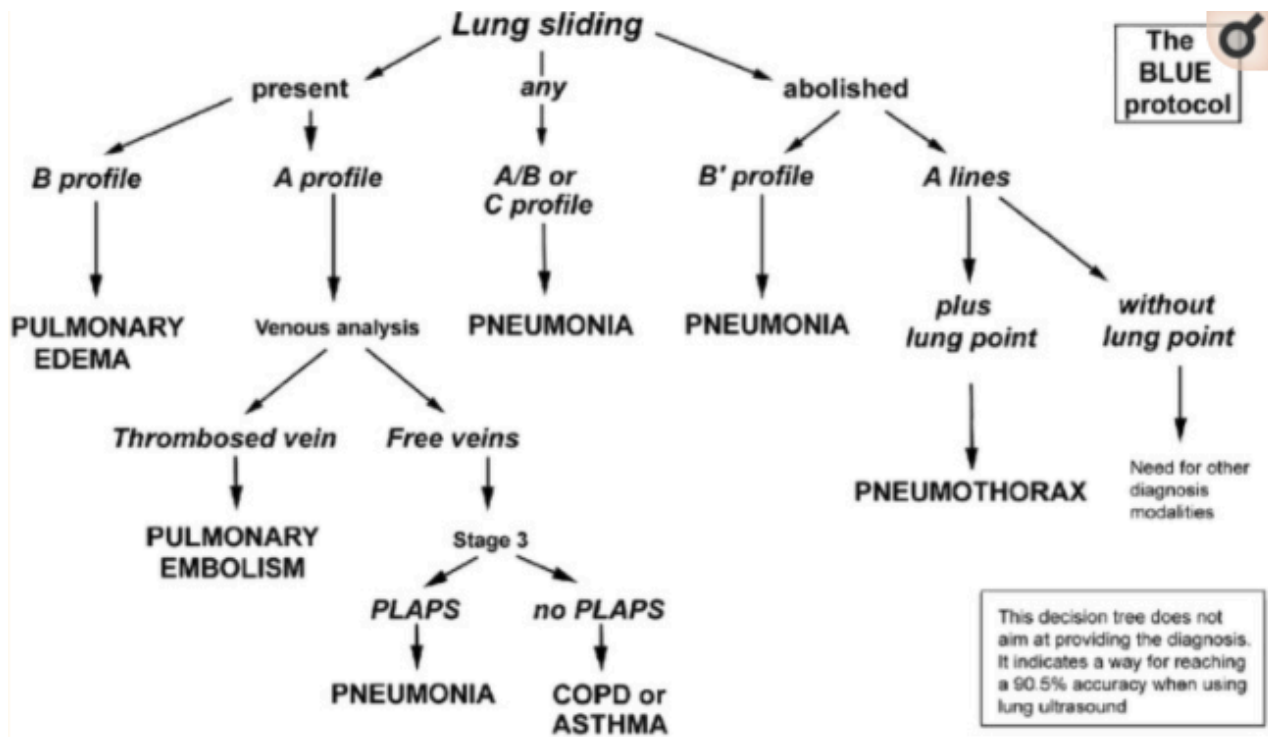
**Kim et al.** (64) retrouvent quant à eux une absence de survie pour les patients en asystolie confirmée par échographie plus de 10 minutes.

### *2.2.2. Dans le cadre du bilan de dyspnée*

**Buhumaid et al.** ont comparé la précision de l'échographie pleuro-pulmonaire à la radiographie thoracique. En dehors de la pneumonie, l'échographie a une spécificité égale ou supérieure à la radiographie thoracique pour les autres diagnostics (pneumothorax, épanchements, œdème aiguë pulmonaire ...). (65)

En 2009, **Lichtenstein** a introduit le BLUE Protocole dans l'algorithme de prise en charge de la dyspnée aux urgences, étape par étape, avec une précision de 90%, nivelée vers le haut quand on y ajoute l'examen clinique et la biologie. Ce protocole est réalisable en trois minutes selon lui et permettrait d'améliorer la prise en charge des patients notamment grâce au gain de temps, précieux en pré hospitalier. (66) (**Figure 8-9-10**) Cette hypothèse est confirmée par **Seydhosseini et al.** en 2017, qui trouvaient une administration précoce des thérapeutiques dans le groupe BLUE Protocole en 17 minutes, contre 38 minutes sur le groupe contrôle. Cependant, il n'y avait pas de différence statistiquement significative sur la durée d'hospitalisation ou sur le nombre de décès. (67)

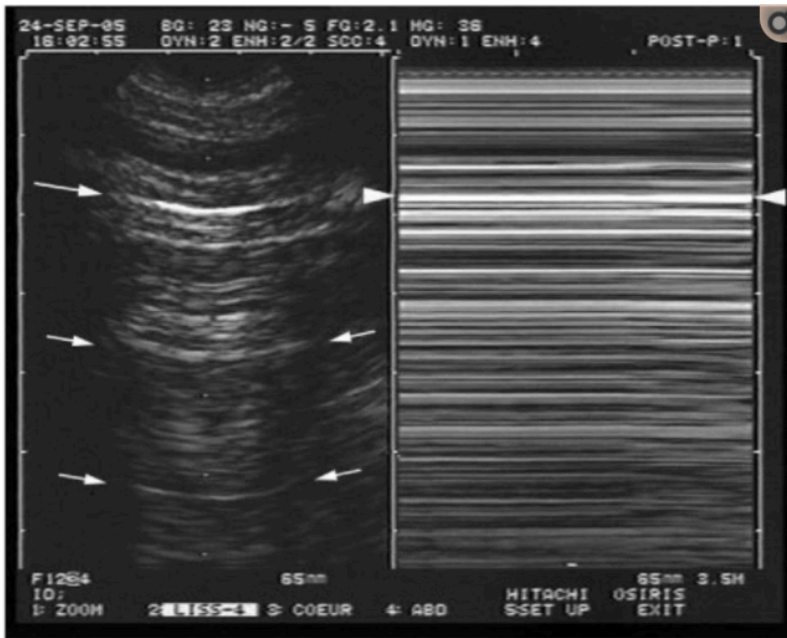
**Lichtenstein** a étudié les artéfacts de l'échographie pleuro-pulmonaire dans le bilan de dyspnée, afin d'affiner le diagnostic, et peut compléter par une échographie « 4points » quand cela s'avère nécessaire ; afin d'affirmer ou infirmer la présence de thrombose veineuse profonde, et permettre un diagnostic d'embolie pulmonaire par extrapolation. (68) (**Figure 7**)



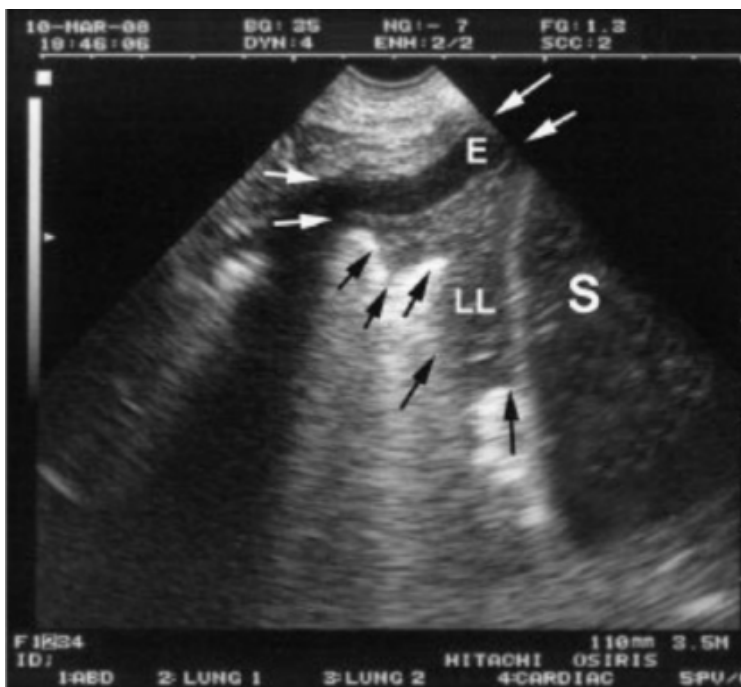
**Figure 7:** BLUE Protocol Selon Lichtenstein. (68)



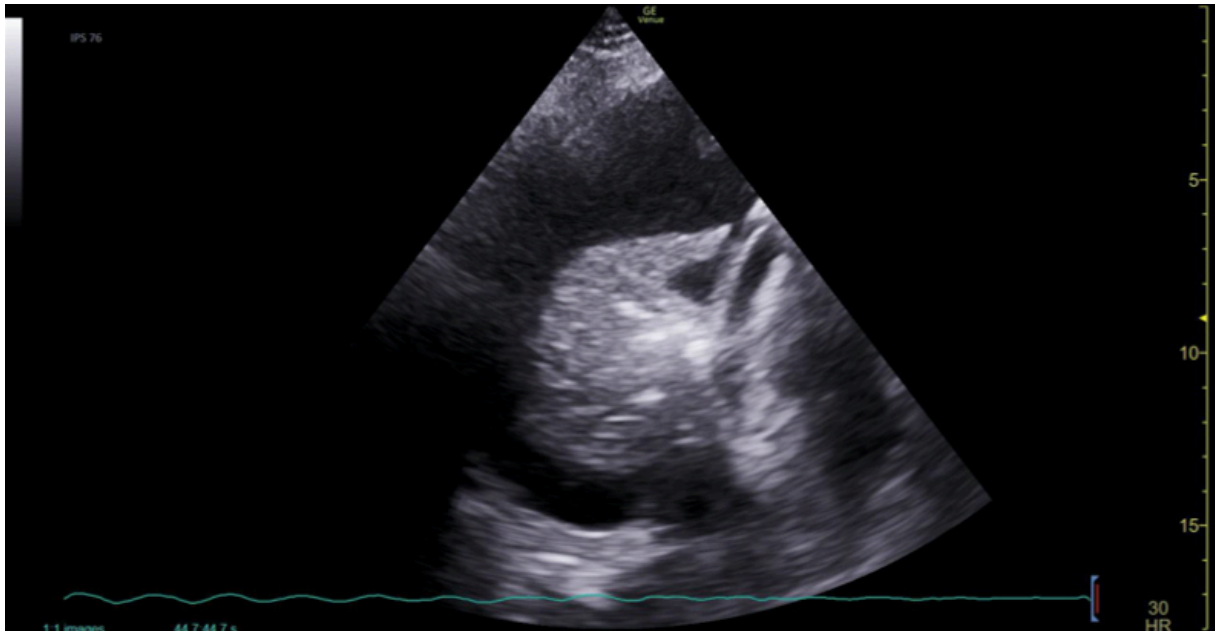
**Figure 8:** Syndrome interstitiel retrouvé notamment dans l'oedème aigu pulmonaire bilatéral. D'après Lichtenstein. (68)



**Figure 9:** Pneumothorax, le signe du code barre en mode TM et l'absence totale de ligne B. D'après Lichtenstein (68).



**Figure 10:** Hépatisation du poumon, pneumopathie. D'après Lichtenstein (68).



**Figure 11:** image d'un épanchement pleural.  
Source personnelle.

Une autre méthode proposée par **Kajimoto et al.** dans les services d'urgence, a consisté en une échographie pleuro-pulmonaire, une échographie cardiaque et une mesure de la veine cave inférieure (VCI). L'échographie pleuro-pulmonaire a été réalisée sur 8 zones du thorax, l'échographie cardiaque estimait la fraction d'éjection du ventricule gauche et recherchait des valvulopathies, et la mesure de la VCI recherchait quant à elle un collapsus de cette dernière afin d'estimer rapidement la volémie. La sensibilité et spécificité de cette méthode étaient respectivement de 94,3% et 91,9%, en comparaison aux méthodes traditionnelles qui reposaient sur la réalisation d'un électrocardiogramme, une radiographie thoracique et un dosage des BNP. Cela permettait de faire plus rapidement la distinction entre décompensation cardiaque aiguë et une autre pathologie pulmonaire. (69)

Le même schéma a été utilisé également par **Mantuani et al.** sur 57 patients présentant une exacerbation d'une Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive (BPCO), une pneumopathie ou une insuffisance cardiaque aiguë. La précision diagnostique a été augmentée de 53 à 77% après un interrogatoire et examen clinique rigoureux. La sensibilité et spécificité pour la décompensation cardiaque aiguë étaient respectivement de 100% et 84%.

Ces différents algorithmes avaient comme principales conséquences un traitement plus précoce des patients, grâce à leur relative simplicité de réalisation et leur rapidité. (70)

L'échographie pleurale peut permettre de guider la prise en charge des œdèmes aigus pulmonaires en pré-hospitalier, notamment en s'assurant de la disparition progressive des lignes B bilatérales. (71)

### 2.2.3. *Dans le cadre de la douleur thoracique*

La douleur thoracique est un motif de recours très fréquent, en France, aux interventions SMUR extra-hospitalière. Dans le cadre d'un cas de patient symptomatique, avec un ECG non modifié, l'échocardiographie peut s'avérer utile pour la prise de décision, en complément de l'examen clinique et de l'interrogatoire, notamment dans le diagnostic de syndrome coronarien aigue sans sur élévation du segment ST.

**Bergmann et al.** se sont intéressés à cette pratique en recherchant des troubles de cinétiques de paroi des ventricules, en pré-hospitalier. Ils retrouvaient une sensibilité de 90% pour une spécificité de 100%, en comparaison à l'ECG intra-hospitalier et la coronarographie.

L'échocardiographie permettait une prise en charge thérapeutique plus précoce, et de réduire les délais de prise en charge avec la réalisation d'une coronarographie dès l'arrivée du patient au centre hospitalier. (72)

### 2.2.4. *Formation à l'échographie trans thoracique*

Enfin, sur le plan de la formation, les études sont en faveur d'un apprentissage rapide de l'échocardiographie ciblée, allant de 3 à 4 heures par semaine.

**Croft et al.** (73) ont retrouvé une courbe de 30h d'apprentissage chez des étudiants en médecine et 40 échographies pour rechercher une dysfonction ventriculaire, des valvulopathies ou des épanchements péricardiques. Un diagnostic était retrouvé pour plus de 90% des patients, et confirmé dans 80% des cas lors de la relecture par des experts.

Une autre étude retrouvait une concordance entre internes de médecine et échographistes experts de 75% pour la dysfonction du ventricule gauche et 98% pour l'épanchement péricardique. (74)

En extra-hospitalier, **Bobbia et al.** (74) ont conclu que seuls les urgentistes expérimentés (plus de 50 échographies cardiaques réalisées) étaient à même d'interpréter avec précision l'échocardiographie.

### 2.3. Conclusion

L'échographie peut donc permettre de guider la réanimation cardio-pulmonaire lors d'un arrêt cardio-respiratoire en intra- ou extra-hospitalier. En HéliSmur, elle peut permettre d'apporter des renseignements supplémentaires lors du transfert, notamment sur le pronostic post-arrêt récupéré, évaluer l'efficacité des traitements entrepris (disparition des lignes B). Il peut arriver en pratique courante que le patient soit transféré avec planche à masser, et l'utilisation de l'échographe peut permettre de guider également la réanimation pendant le vol. Dans le cadre de douleurs thoraciques, peu de patient sont transférés par hélicoptère en dehors des zones rurales fortement sous-dotées et l'échographie sera le plus souvent réalisée préalablement au transfert. Dans le cadre d'infarctus établi par électrocardiogramme, elle pourrait être réalisée pendant le vol afin de ne pas retarder le transfert vers la coronarographie la plus proche.

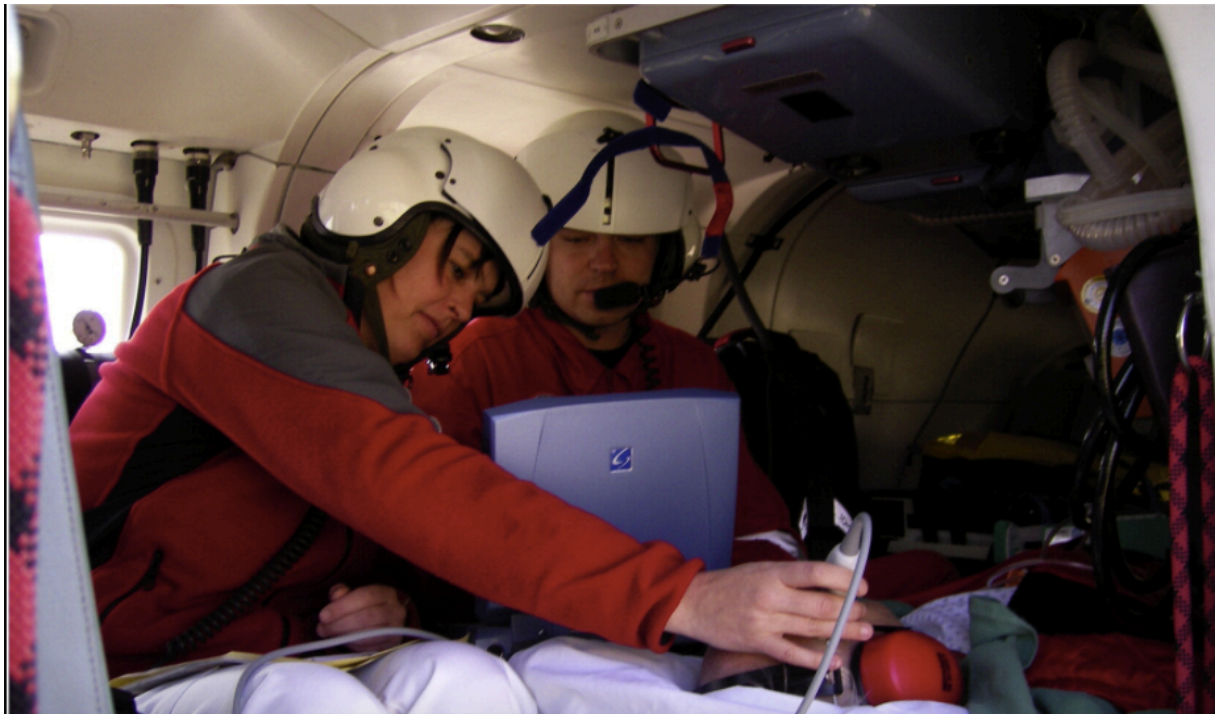
### 3. Doppler transcrânien

L'essentiel de la littérature du doppler transcrânien appliqué à la médecine d'urgence s'intéresse surtout au traumatisé crânien grave, et à l'Accident Vasculaire Cérébral (AVC). Les études portant sur cet aspect de l'échographie, au sein même d'un hélicoptère, sont rares.

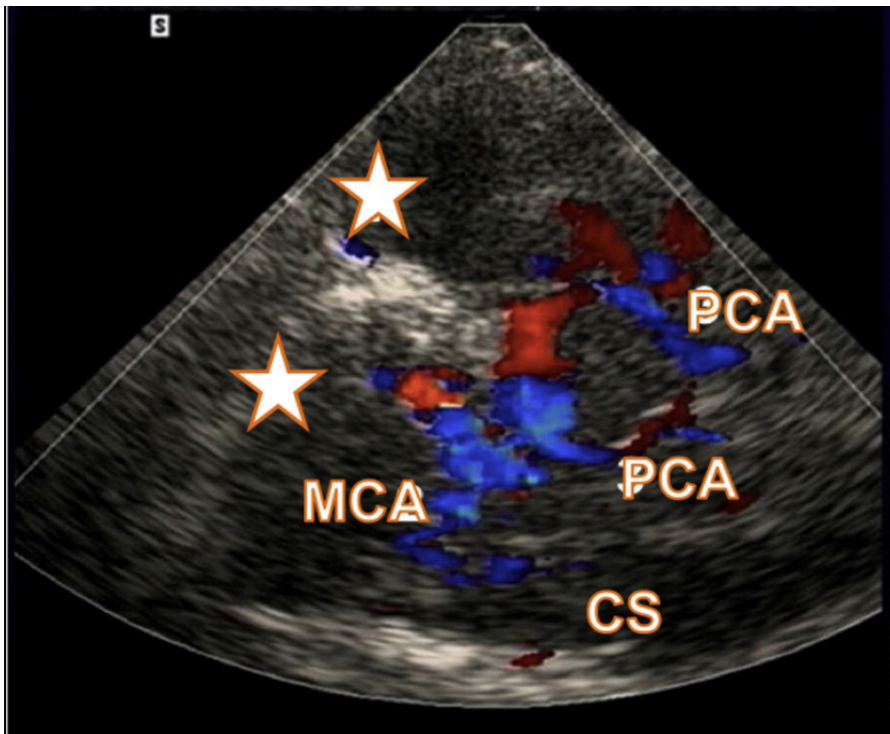
#### 3.1. Dans le cadre de l'Accident Vasculaire Cérébral

En 2008, **Hölscher** s'est intéressé en premier lieu à la faisabilité du doppler transcrânien en pré-hospitalier sur une étude de 25 patients suspects d'AVC. Les mesures en regard de l'artère cérébrale moyenne et artère cérébrale antérieure ont pu être effectuées pour 20 d'entre eux, en moins de 2 minutes sur les lieux d'intervention. La durée moyenne entre l'arrivée sur place et la fin de réalisation du doppler était de 12 minutes. (75)

**Schlachetzki et al.**, dans une étude de 113 patients, ont pu diagnostiquer 9 occlusions de l'artère cérébrale moyenne grâce au doppler transcrânien en pré-hospitalier pour un total de 10 AVC ischémiques confirmés par l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM). Ils retrouvaient alors une sensibilité de 90% et une spécificité de 98%. (76) (**Figure 11-12**)



**Figure 12:** doppler transcrânien au sein d'une cabine d'hélicoptère.  
D'après Schlachetzki et al.



**Figure 13:** Exemple d'occlusion de l'artère cérébrale moyenne et antérieure, avec absence de couleur au doppler pulsé.  
D'après Schlachetzki et al.

A noter cependant que l'imagerie était réalisée dans cette étude, par des neurologues expérimentés, en utilisant une échographie de contraste aux micro bulles, mais concluent à une

faisabilité avec forte précision, avec ou sans le produit de contraste. Le produit de contraste a permis d'améliorer la qualité des images chez des patients faiblement échogènes.

**Herzberg et al.** ont retrouvé quant à eux une sensibilité de 95% et une spécificité de 48% pour le diagnostic d'AVC. La VPP et la VPN étaient respectivement de 82% et 77% en pré-hospitalier. (77)

En 2013, **Hölscher** a été le premier à balayer l'étendu des possibilités et limites du doppler transcrânien en pré-hospitalier dans le cadre de la suspicion d'AVC, dans une revue de littérature. (78)

La première limite du doppler transcrânien en cas de suspicion d'AVC, en extra-hospitalier, demeure surtout dans l'impossibilité de se passer du scanner cérébralM ou IRM avant traitement thrombolytique, afin d'écartier un accident vasculaire hémorragique. Cependant, les allemands, précurseurs dans ce domaine, ont développé dans un essai randomisé contrôlé, une unité de scanner mobile pouvant se rendre directement sur les lieux d'intervention, et permettre de réduire les délais de prise en charge. (79)

Il est aussi possible de visualiser des vasospasmes sur une rupture d'anévrisme grâce au doppler transcrânien, avec une forte spécificité. (80)

Une importante avancée dans l'utilisation des ultrasons, associée au doppler transcrânien, serait la possible synergie entre le traitement thrombolytique et les ultrasons de l'échographe dans la destruction des caillots dans les AVC. (81)

Les investigateurs, dans un essai « CLOTBUST » de 2005, ont laissé en place les ultrasons (US) du doppler transcrânien continuellement pendant 2h, simultanément au traitement thrombolytique. Un groupe placebo était constitué de la sonde d'échographie sans ultrason, et du traitement thrombolytique. 49% des patients dans le groupe US + thrombolyse retrouvaient une perméabilisation du vaisseau incriminé contre 30% dans le groupe placebo ( $p=0,03$ ). A 24h, la différence de récupération clinique était non significative (44% versus 40% ;  $p=0,7$ ). Enfin, à trois mois, la différence de pourcentage entre les deux groupes de patients ayant eu une récupération importante était plus prononcée dans le groupe traité (42%), que dans le groupe placebo (29%,  $p=0,2$ ).

En 2014, une autre analyse de cet essai CLOTBUST, sur un échantillon de patients plus important, a retrouvé une reperméabilisation pour 38,6% des sujets contre 17,1% pour le groupe contrôle ( $p=0,032$ ). (82)



**Tsigoulvis et al.** (83) ont conclu que les ultrasons haute fréquence associés aux thrombolytiques étaient associés à une plus grande probabilité de reperméabilisation des vaisseaux atteints sans augmentation du risque d'hémorragie cérébrale iatrogène.

Cependant, les études sus-citées ne sont pas réalisées en France. La régulation des appels concernant des suspicions d'AVC en France sont plutôt accès sur le « Scoop and run ». Il est souvent privilégié d'engager un vecteur de transport non médicalisé, en dehors d'altération grave de la vigilance, afin de transporter les patients rapidement dans les centres hospitaliers adéquats possédant une unité neurovasculaire, et de leur faire bénéficier d'une IRM. Ces mesures apparaissent donc délicates à mettre en place sur le territoire français.

### 3.2. Dans le cadre du traumatisé crânien

Le traumatisme crânien est un critère de consultation important dans les structures d'urgence, et est fréquemment rencontré également en pré-hospitalier, notamment dans le cadre de patients polytraumatisés. L'examen des patients traumatisés crâniens repose sur un examen clinique rigoureux et sur l'évaluation du score de Glasgow, connu de tous les cliniciens.

Depuis le début des années 2000 se développe dans la littérature, la réalisation d'un doppler transcrânien dans l'évaluation initiale des traumatisés crâniens.

**Petrovic et al.** ont proposé dès 2010 l'utilisation du doppler transcrânien en pré-hospitalier en France, dans la surveillance des patients traumatisés crâniens et l'évaluation de la réponse aux thérapeutiques. (84)

Dans une étude prospective sur 18 patients, **Tazarourte et al.** ont réalisé des doppler transcrâniens aux patients après un traumatisme crânien. Des thérapeutiques adaptées (Mannitol ou Noradrénaline) étaient entreprises si le doppler était anormal (index de pulsatilité  $> 1,4$  et une vitesse diastolique faible  $< 20$  cm/s). Neuf des 18 patients avaient un doppler transcrânien considéré comme anormal, dont 5 furent normalisés après administration de mannitol, avec une réversibilité de la mydriase pour 2 d'entre eux. (85)

Le doppler transcrânien peut s'avérer utile pour entreprendre rapidement les mesures adéquates afin d'améliorer la perfusion cérébrale chez les patients cérébrolésés.

En intra-hospitalier, **Tamagnone et al.** (86) ont réalisé des doppler transcrânien à 28 patients adressés pour coma. Sur les mêmes critères ultrasonographiques que l'étude de Tazarourte et al, les thérapeutiques à type d'expansion volémique et amines vasopressives étaient débutées

avec un objectif de Pression Artérielle Moyenne (PAM) aux alentours de 110 mmHg. La réponse aux traitements était évaluée par un doppler post-thérapeutiques, une augmentation de la vélocité diastolique supérieure à 20 cm/s était considérée comme bonne. La mortalité pour les patients dont la vélocité diastolique était inférieure à 20 cm/s après traitement était de 100%. Aucun patient avec un doppler transcrânien initial normal n'est décédé à court terme par ailleurs.

En 2007, **Catherine Ract** (87) propose dans une étude prospective observationnelle d'utiliser le doppler transcrânien dès l'admission des patients (T0) admis pour traumatisme crânien grave défini par un score de Glasgow inférieur ou égal à 8. Le doppler a été répété une fois la mesure invasive de pression intracrânienne (PIC) débutée (T1), 4h après admission en moyenne. Sur les 24 patients admis, 11 avaient un doppler anormal et recevaient d'emblée le mannitol. Les autres patients étaient regroupés dans le groupe 2. A T1, 2 patients sur les 11 avaient toujours un doppler transcrânien anormal. La PIC était plus élevée pour les patients du groupe 1 (32 mmHg vs 22 mmHg ;  $p < 0,01$ ).

Ici, le doppler transcrânien permettait d'identifier les traumatisés crâniens sévères avec anomalies de la perfusion cérébrale. L'administration précoce de mannitol permettait de restaurer une PIC normale et de lutter plus précocement contre les agressions cérébrales systémiques secondaires.

Le doppler transcrânien peut donc être utile dans l'évaluation du patient à la phase initiale, en extra- ou intra-hospitalier, et dans la surveillance après administration des traitements. Cependant, la réalisation du doppler transcrânien en pré-hospitalier peut être difficile, et nécessite des opérateurs entraînés et du matériel plus sophistiqué que pour l'E-FAST. On estime à 50 examens le seuil d'acquisition pour le doppler transcranien, contre 30 pour l'E-FAST. (25)

Le champ des recherches s'étend à la réalisation de la mesure du diamètre du nerf optique (DNO) pour rechercher une hypertension intracrânienne (HTIC) en extra-hospitalier.

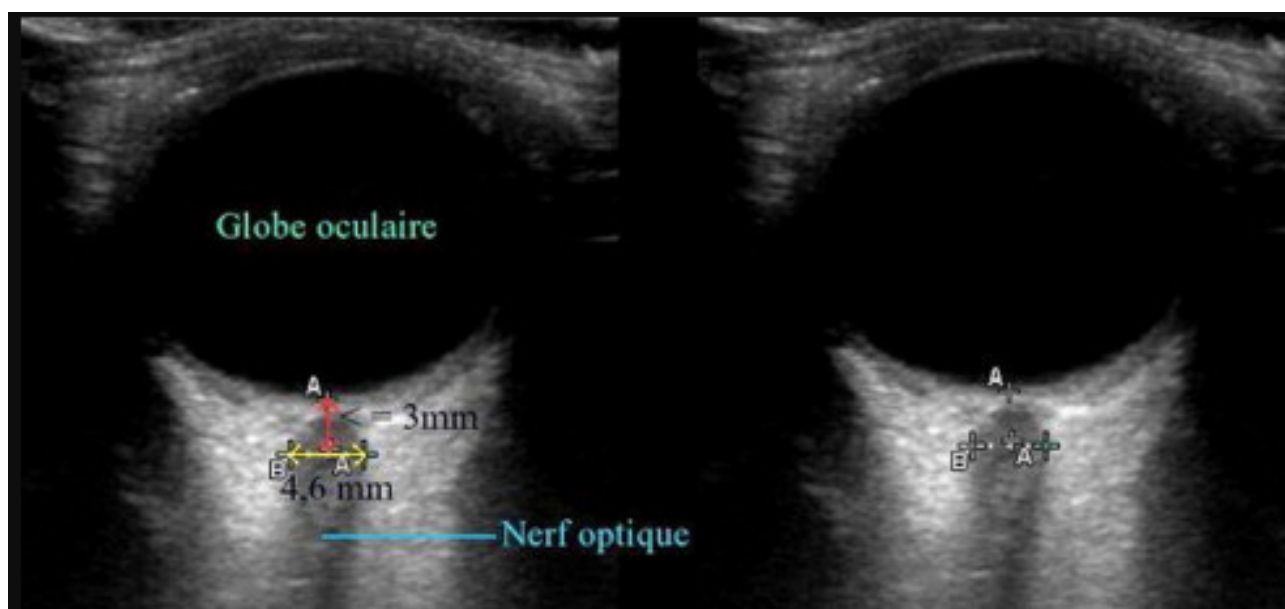
La mesure du DNO est faisable, non invasive, ne nécessite pas de doppler pulsé, et possède une faible variabilité interindividuelle. (88–90) La différence de DNO entre patients traumatisés crânien et patients indemnes dans la littérature était de 2mm avec une différence statistiquement significative.

Une méta-analyse de 2011 a retrouvé une sensibilité de 90% et une spécificité de 85% pour le diagnostic d'HTIC par mesure échographique du DNO. (91) Il peut s'avérer d'une aide à la

disposition du praticien en extra-hospitalier, notamment dans la décision du centre hospitalier de transfert.

Concernant la méthode décrite dans la littérature, une étude française (92) a proposé d'installer le patient en décubitus dorsal, le gel est appliqué sur la paupière supérieure. Une sonde linéaire à haute fréquence est requise ( $> 7,5$  Hz). Il n'est pas nécessaire d'appliquer de forte pression sur le globe oculaire. L'objectif est de visualiser l'entrée du nerf optique dans le globe oculaire.

L'image obtenue est la suivante :



**Figure 14:** Echographie en mode 2D du DNO chez un patient indemne, sans HTIC. D'après Messerer et al. (92)

La mesure est réalisée dans le plan transversal et sagittal, puis une moyenne est effectuée, pour les 2 globes. Un diamètre supérieur à 5,5mm est prédictif d'HTIC.

A noter cependant que certains appareils d'échographie portable permettent dorénavant la réalisation de doppler transcrânien en doppler pulsé.

**Blaivas et al.** (93) ont comparé la mesure du DNO par échographie aux résultats du scanner cérébral dans le cadre d'HTIC sur 35 patients. Quatorze d'entre eux retrouvaient une HTIC au scanner. Ces mêmes 14 patients avaient une mesure du DNO supérieure à 5mm, avec une sensibilité de 100% et une spécificité de 95%.

Pour la formation, **Tayal et al.** (94) ont suggéré que les médecins ayant une expérience de l'utilisation d'appareils échographiques pouvaient apprendre rapidement la méthode. Les

médecins expérimentés devaient réaliser environ 10 examens contre 25 pour les plus novices. **(Figure 15)**

Selon **Potgieter et al. (95)**, une seule séance d'apprentissage pourrait suffire sur des volontaires sains, et encadrée par des médecins expérimentés.



**Figure 15:** Positionnement de la sonde lors de l'étude du DNO par échographie. D'après **Tayal et al. (94)**

### 3.3. Conclusion

Le doppler transcrânien est un examen réalisable et de bonne précision. Il nécessite néanmoins une formation préalable du médecin urgentiste. Il est, par ailleurs, moins démocratisé que l'échographie E-FAST ou pleuro-pulmonaire. Si le système actuel français voit peu de patients atteint d'AVC médicalisés, et encore moins hélicoptérés, il ne permettrait pas d'instaurer de traitement thrombolytique plus précocement du fait de la nécessité d'une confirmation diagnostic par IRM. D'autres études sont encore nécessaires à ce sujet. Il peut par contre s'avérer très utile chez un patient polytraumatisé avec traumatisme crânien grave pour compléter l'examen clinique à la recherche d'une HTIC. Il peut être complété ou remplacé par

l'échographie de mesure de diamètre du nerf optique si le matériel fait défaut, ou selon les convenances et habitudes du médecin.

Peu de donnée de la littérature sont à notre disposition concernant sa faisabilité au sein même d'un hélicoptère.

#### **4. Echographie trans trachéale**

La littérature au sujet de l'échographie trans-trachéale est assez pauvre dans le domaine de l'urgence intra-hospitalière, et presque inexistante en pré-hospitalier.

Son intérêt premier réside surtout en l'assurance du bon contrôle des voies aériennes supérieures en cas d'intubation, en confirmant le caractère intra-trachéale d'une intubation. De plus en plus d'études s'intéressent également à la temporalité entre échographie trans-trachéale et capnographie (gold standard) pour la vérification du bon positionnement de la sonde d'intubation.

La majorité des études disponibles ont été réalisées dans un bloc opératoire, par des anesthésistes, dans des conditions optimales de réalisation. Ces conditions se veulent bien différentes de celles rencontrées en médecine d'urgence avec des intubations souvent difficiles, sur des patients « estomac plein », et dans des milieux hostiles en extra-hospitalier, où le matériel de surveillance peut parfois faire défaut. Les patients sont souvent hypoxémiques, en détresse respiratoire, ou en instabilité hémodynamique. Les complications rencontrées peuvent engager le pronostic vital.

Il a été démontré dans la littérature que l'échographie trans-trachéale se voulait plus rapide que l'auscultation seule ou le couple auscultation et capnographie, qui est actuellement la méthode standard. (96)

Environ 40 000 intubations sont réalisées en pré-hospitalier en France chaque année. En comparaison au bloc opératoire, l'intubation réalisée par des équipes de SMUR en pré-hospitalier s'effectue exclusivement sur des patients en grande détresse avec bien souvent, un risque vital immédiat. L'intubation œsophagienne peut avoir des conséquences redoutables jusqu'à l'arrêt cardiaque hypoxique. (97)

A ce jour, il est admis qu'une intubation est endotrachéale après 6 cycles de capnographie. Cependant, quelques faux positifs (3%) ont pu être décelés et la capnographie chez les patients en arrêt cardio-respiratoire, notamment en raison d'échanges gazeux ayant lieu dans l'estomac, peut être faussée.

Une méta-analyse publiée en 2001 (98) portant sur 2192 intubations, parue dans le *Journal of Emergency Medicine* a rapporté une sensibilité de la capnographie de 93% (IC95% 92-94%) et une spécificité de 97% (95% IC 93-99%). Les faux négatifs représentaient 7% (intubation oro-trachéale mais la capnographie orientait sur une intubation oesophagienne); et les faux positifs de 3% (intubation dans l'oesophage mais la capnographie orientait sur une intubation intra-trachéale). Cela pourrait nuire à un patient sur 10 selon l'auteur.

L'étude réalisée par **Grmec S.** a soulevé la faible sensibilité de la capnographie dans les intubations extra-hospitalières de patients en arrêt cardio-respiratoire, et les limites de l'auscultation en extra-hospitalier avec une sensibilité de 94% et une spécificité de 83% pour vérifier le caractère endotrachéale de l'intubation. (99) Cela s'explique aisément par les conditions « hostiles » de l'auscultation en situation extra-hospitalière, notamment lors de transports hélicoptérés, avec une exposition sonore supérieure à 90 décibels avec le casque. (100)

Une étude réalisée au bloc opératoire parue en 2007, (101) a retrouvé une sensibilité et une spécificité de 100% en faveur de l'échographie pour vérifier le caractère trachéale d'une intubation. Cependant, les intubations difficiles étaient exclues de l'étude.

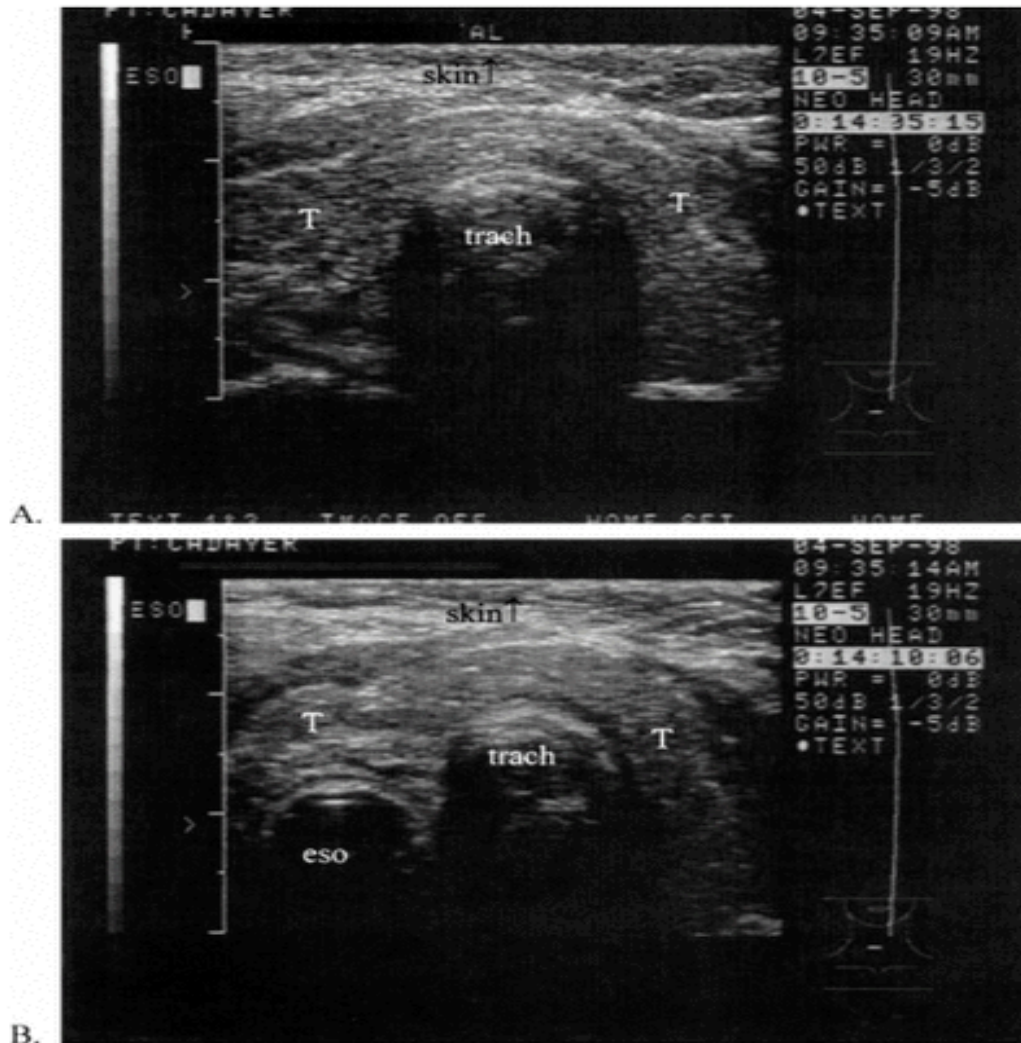
Il est donc intéressant d'ouvrir le champ des recherches de cette méthode au pré-hospitalier et situations d'urgences, d'autant plus qu'elle nécessite peu de formation, et l'examineur n'a pas besoin d'être très expérimenté, alors que l'on sait que le taux de réussite de la première intubation dans l'urgence peut varier entre 46% et 85% selon la littérature. (33,102)

Une méta-analyse datant de 2015 a retrouvé une sensibilité et une spécificité de l'échographie trans-trachéale de 98% et 98% pour la vérification du bon positionnement de la sonde d'intubation. Dans les situations d'urgence, la sensibilité est de 98% et la spécificité de 94%. (103)

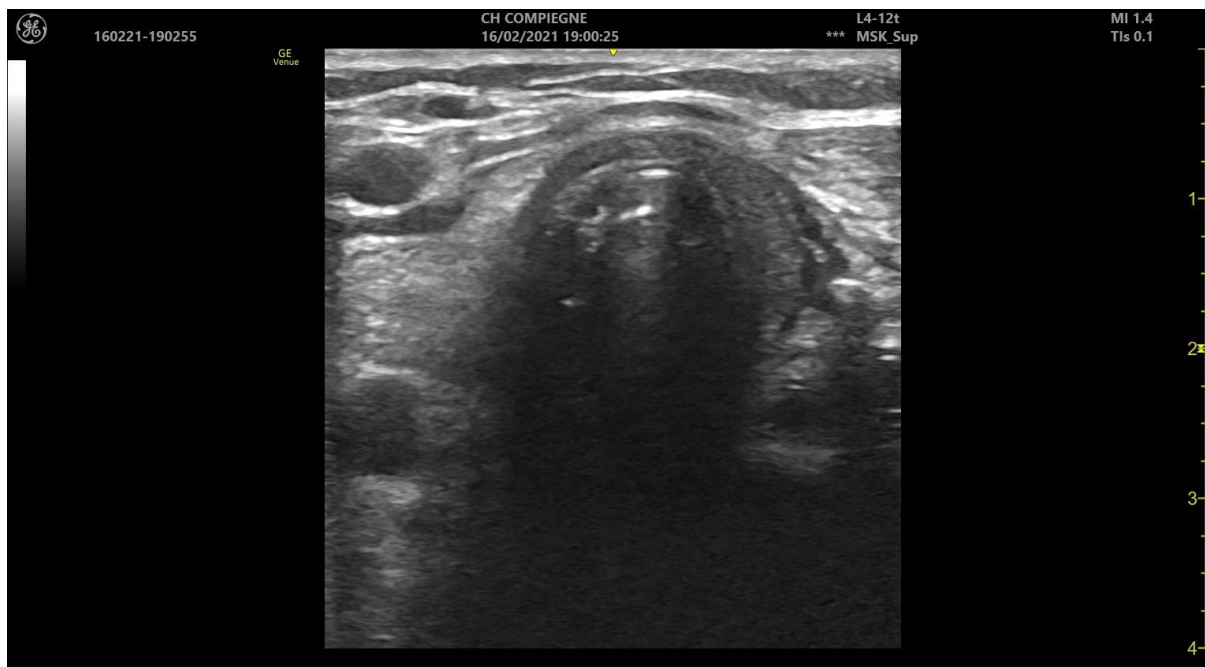
**Chou et al.** (104), dans une étude prospective observationnelle de 112 patients ont confronté le taux de concordance entre capnographie et échographie trans-trachéale pour affirmer le caractère intra-trachéale de l'intubation, dans le cadre de l'intubation en urgence. La sensibilité de l'échographie était de 98% et la spécificité de 94% avec un haut degré de concordance entre capnographie et échographie. La durée moyenne de réalisation de l'échographie était de 9 secondes. Pour rappel, la durée nécessaire avant validation d'une intubation intra-trachéale par capnographie est d'environ 40 secondes.

En 2017, les travaux de Chou ont été confirmés par **Vimal et al.** (105) (**Figure 16-17**) dans une étude de cohorte dans laquelle 100 intubations ont été réalisées en urgence intra-hospitalière. La sensibilité de l'échographie était de 98,9% et la spécificité de 100%, similaires à la

sensibilité et spécificité de la courbe de capnographie et l'auscultation. Cependant, le temps nécessaire à la confirmation d'une intubation intra-trachéale par échographie était de 8,6 secondes contre respectivement 18 et 20 secondes pour la capnographie et l'auscultation.



**Figure 16:** A - Visualisation d'une intubation trachéale, avec une image en queue de comète.  
B - Intubation oesophagienne avec visualisation de l'oesophage, qui n'est normalement pas visible en intubation trachéale.  
D'après **Vimal et al.**



**Figure 17:** Image d'une intubation oro-trachéale en coupe sus sternale.  
Source personnelle.

Ces précédents résultats ont été corroborés en extra-hospitalier par **Zadel** (106) sur 124 intubations extra-hospitalières. La sensibilité et la spécificité de l'échographie étaient de 100%. Les résultats de capnographie dans la confirmation d'une intubation trachéale étaient erronés pour 3 patients. En extra-hospitalier, la durée moyenne de réalisation de l'échographie était ici de 30 secondes.

Dans leur travail, **Drescher et al.** ont décrit les images échographiques d'une intubation intra-trachéale et d'une intubation oesophagienne. (107)

La courbe d'apprentissage est courte pour l'échographie trans-trachéale comme l'a démontré l'étude de **Chowdury et al.** (108), pour des internes de premier semestre d'anesthésie sur 120 intubations au bloc opératoire. L'échographie était le moyen le plus rapide de confirmer le caractère endotrachéal de l'intubation avec en moyenne 36 secondes. La durée moyenne pour l'auscultation était de 50 secondes. La durée moyenne pour le 6<sup>ème</sup> cycle de capnographie était d'une minute.

#### 4.1. Conclusion

L'échographie trans-trachéale est finalement peu démocratisée, que cela soit en intra-hospitalier ou en pré-hospitalier. La littérature en HéliSmur est presque inexistante. Son intérêt réside dans la vérification du caractère endotrachéale d'une intubation et dans le contrôle des voies



aériennes lors d'intubation en urgence. Elle est de formation simple, courte et de réalisation rapide. Il semblerait licite d'extrapoler son utilisation à une cabine d'hélicoptère, notamment pour vérifier l'intubation en cas de panne de capnographie ou de dégradation respiratoire chez un patient intubé sans possibilité d'auscultation. Les résultats en intra-hospitalier sont probants. Des études en extra-hospitalier et en HéliSmur sont cependant nécessaires pour s'intéresser à sa faisabilité dans un hélicoptère, notamment avec les échographes ultraportables disponibles actuellement sur le marché.

A ce jour, la capnographie demeure le gold standard dans la confirmation d'une intubation intra-trachéale, après 6 cycles.

## **V. Conclusion**

L'échographie est devenue un outil indispensable dans les structures d'urgence. Les nouveaux échographes portables ont le potentiel d'améliorer presque tous les aspects de l'examen clinique, et peuvent prodiguer des informations complémentaires.

L'examen échographique est très opérateur dépendant. Il y a encore beaucoup à apprendre en ce qui concerne les limites physiques de l'HéliSmur, notamment dues aux vibrations ou aux turbulences en plein vol, sur l'acquisition des images.

L'acquisition des images par les médecins urgentistes, médecins cliniciens non radiologues, nécessite un examen clinique minutieux et un interrogatoire bien mené quand celui-ci est possible. Les images négatives lors de l'examen échographique doivent être traitées avec prudence et ne pas être considérées comme décisives lors de la prise en charge du patient. L'examen doit être répété dans le temps. Malgré cela, l'analyse de la littérature actuelle à ce sujet permet d'admettre son utilité précieuse si elle est utilisée à bon escient en extra-hospitalier et en HéliSmur, tant pour une recherche étiologique que pour contrôler l'évolution du patient en cas de dégradation. Ses champs d'action sont larges et du temps est nécessaire dans la formation des praticiens pour en maîtriser toutes les possibilités.



## **VI. Bibliographie**

1. Braun F, Berthier F, Boudenia K, Carli P, Chollet-Xémard C, Cibien J-F, et al. Doctrine d'emploi des hélicoptères sanitaires. 2017;
2. Berthier F, Gondret C, Bertrand C, Letellier N, Giroud M, Carli P. Spécificité des interventions hélicoptérées. Urgences 2012.
3. Teichman PG, Donchin Y, Kot RJ. International aeromedical evacuation. N Engl J Med. 18 janv 2007;356(3):262-70.
4. Letellier N, Comité AFHSH. Livre blanc de l'hélicoptère sanitaire. Doctrine d'emploi des hélicoptères dans le cadre de l'aide médicale urgente. SAMU- Urgences de France. 2008.
5. Massen H., Mercat C. Intérêt des explorations par les ultrasons dans les véhicules de transport primaires d'urgence des malades ou blessés. Rev SAMU. 1983;7; 321-4.
6. Lapostolle F, Adnet F. Echographie en médecine d'urgence : c'est l'histoire qui donne raison. Rev SAMU. 2005;366.
7. Membres de la commission des référentiels de la SFMU, Duchenne J, Martinez M, Rothmann C, Claret P-G, Desclefs J-P, et al. Premier niveau de compétence pour l'échographie clinique en médecine d'urgence. Recommandations de la Société française de médecine d'urgence par consensus formalisé. Ann Fr Médecine Urgence. juill 2016;6(4):284-95.
8. Scharonow M, Weilbach C. Prehospital point-of-care emergency ultrasound: a cohort study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 18 juin 2018;26(1):49.
9. Bøtker MT, Jacobsen L, Rudolph SS, Knudsen L. The role of point of care ultrasound in prehospital critical care: a systematic review. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 26 juin 2018;26(1):51.
10. Busch M. Portable ultrasound in pre-hospital emergencies: a feasibility study. Acta Anaesthesiol Scand. juill 2006;50(6):754-8.
11. Walcher F, Weinlich M, Conrad G, Schweigkofler U, Breitzkreutz R, Kirschning T, et al. Prehospital ultrasound imaging improves management of abdominal trauma. Br J Surg. févr 2006;93(2):238-42.
12. Lapostolle F, Petrovic T, Lenoir G, Catineau J, Galinski M, Metzger J, et al. Usefulness of hand-held ultrasound devices in out-of-hospital diagnosis performed by emergency physicians. Am J Emerg Med. mars 2006;24(2):237-42.
13. Rudolph SS, Sørensen MK, Svane C, Hesselfeldt R, Steinmetz J. Effect of prehospital ultrasound on clinical outcomes of non-trauma patients--a systematic review. Resuscitation. janv 2014;85(1):21-30.
14. Yates JG, Baylous D. Aeromedical Ultrasound: The Evaluation of Point-of-care Ultrasound During Helicopter Transport. Air Med J. juin 2017;36(3):110-5.
15. Melanson SW, McCarthy J, Stromski CJ, Kostenbader J, Heller M. Aeromedical trauma sonography by flight crews with a miniature ultrasound unit. Prehospital Emerg Care Off J Natl Assoc EMS Physicians Natl Assoc State EMS Dir. déc 2001;5(4):399-402.
16. Price DD, Wilson SR, Murphy TG. Trauma ultrasound feasibility during helicopter transport - PubMed [Internet]. [cité 22 oct 2020]. Disponible sur: <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.merlin.u-picardie.fr/11142976/>
17. Press GM, Miller SK, Hassan IA, Alade KH, Camp E, Junco DD, et al. Prospective evaluation of prehospital trauma ultrasound during aeromedical transport. J Emerg Med. déc 2014;47(6):638-45.

18. Nishijima DK, Simel DL, Wisner DH, Holmes JF. Does this adult patient have a blunt intra-abdominal injury? *JAMA*. 11 avr 2012;307(14):1517-27.
19. Polk JD, Fallon WF, Kovach B, Mancuso C, Stephens M, Malangoni MA. The « Airmedical F.A.S.T. » for trauma patients--the initial report of a novel application for sonography. *Aviat Space Environ Med*. mai 2001;72(5):432-6.
20. Kirkpatrick AW, Breeck K, Wong J, Hamilton DR, McBeth PB, Sawadsky B, et al. The potential of handheld trauma sonography in the air medical transport of the trauma victim. *Air Med J*. 1 janv 2005;24(1):34-9.
21. Rowan KR, Kirkpatrick AW, Liu D, Forkheim KE, Mayo JR, Nicolaou S. Traumatic pneumothorax detection with thoracic US: correlation with chest radiography and CT--initial experience. *Radiology*. oct 2002;225(1):210-4.
22. Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB, Liu D, Rowan K, Ball CG, et al. Hand-held thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: the Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (EFAST). *J Trauma*. août 2004;57(2):288-95.
23. Ketelaars R, Holtslag JJM, Hoogerwerf N. Abdominal prehospital ultrasound impacts treatment decisions in a Dutch Helicopter Emergency Medical Service. *Eur J Emerg Med Off J Eur Soc Emerg Med*. août 2019;26(4):277-82.
24. van der Weide L, Popal Z, Terra M, Schwarte LA, Ket JCF, Kooij FO, et al. Prehospital ultrasound in the management of trauma patients: Systematic review of the literature. *Injury*. 1 déc 2019;50(12):2167-75.
25. Favier J-C, Argo V, Bay C. Apport de l'échographie extrahospitalière au diagnostic des urgences : expérience en milieu militaire (podcast). *Prat En Anesth Réanimation*. 1 oct 2015;19(5):246-53.
26. Brun P-M, Bessereau J, Chenaitia H, Pradel A-L, Deniel C, Garbaye G, et al. Stay and play eFAST or scoop and run eFAST? That is the question! *Am J Emerg Med*. févr 2014;32(2):166-70.
27. Hoyer HX, Vogl S, Schiemann U, Haug A, Stolpe E, Michalski T. Prehospital ultrasound in emergency medicine: incidence, feasibility, indications and diagnoses. *Eur J Emerg Med Off J Eur Soc Emerg Med*. oct 2010;17(5):254-9.
28. Ruesseler M, Kirschning T, Breikreutz R, Marzi I, Walcher F. Prehospital and Emergency Department Ultrasound in Blunt Abdominal Trauma. *Eur J Trauma Emerg Surg Off Publ Eur Trauma Soc*. août 2009;35(4):341.
29. Jørgensen H, Jensen CH, Dirks J. Does prehospital ultrasound improve treatment of the trauma patient? A systematic review. *Eur J Emerg Med Off J Eur Soc Emerg Med*. oct 2010;17(5):249-53.
30. Soyuncu S, Cete Y, Bozan H, Kartal M, Akyol AJ. Accuracy of physical and ultrasonographic examinations by emergency physicians for the early diagnosis of intraabdominal haemorrhage in blunt abdominal trauma. *Injury*. mai 2007;38(5):564-9.
31. O'Dochartaigh D, Douma M. Prehospital ultrasound of the abdomen and thorax changes trauma patient management: A systematic review. *Injury*. nov 2015;46(11):2093-102.
32. Ala AR, Pouraghaei M, Shams Vahdati S, Taghizadieh A, Moharamzadeh P, Arjmandi H. Diagnostic Accuracy of Focused Assessment With Sonography for Trauma in the Emergency Department. *Trauma Mon [Internet]*. 13 juin 2016 [cité 24 déc 2020];21(4). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5958976/>
33. Ketelaars R, Reijnders G, van Geffen G-J, Scheffer GJ, Hoogerwerf N. ABCDE of prehospital ultrasonography: a narrative review. *Crit Ultrasound J [Internet]*. 8 août 2018 [cité

14 nov 2020];10. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6081492/>

34. Rozycki GS, Ballard RB, Feliciano DV, Schmidt JA, Pennington SD. Surgeon-performed ultrasound for the assessment of truncal injuries: lessons learned from 1540 patients. *Ann Surg.* oct 1998;228(4):557-67.
35. Netherton S, Milenkovic V, Taylor M, Davis PJ. Diagnostic accuracy of eFAST in the trauma patient: a systematic review and meta-analysis. *CJEM.* 2019;21(6):727-38.
36. Alrajab S, Youssef AM, Akkus NI, Caldito G. Pleural ultrasonography versus chest radiography for the diagnosis of pneumothorax: review of the literature and meta-analysis. *Crit Care Lond Engl.* 23 sept 2013;17(5):R208.
37. Akoglu H, Celik OF, Celik A, Ergelen R, Onur O, Denizbasi A. Diagnostic accuracy of the Extended Focused Abdominal Sonography for Trauma (E-FAST) performed by emergency physicians compared to CT. *Am J Emerg Med.* juin 2018;36(6):1014-7.
38. Sauter TC, Hoess S, Lehmann B, Exadaktylos AK, Haider DG. Detection of pneumothoraces in patients with multiple blunt trauma: use and limitations of eFAST. *Emerg Med J EMJ.* sept 2017;34(9):568-72.
39. Bauman M, Marinaro J, Tawil I, Crandall C, Rosenbaum L, Paul I. Ultrasonographic determination of pubic symphyseal widening in trauma: the FAST-PS study. *J Emerg Med.* mai 2011;40(5):528-33.
40. Ianniello S, Conte P, Di Serafino M, Miele V, Trinci M, Vallone G, et al. Diagnostic accuracy of pubic symphysis ultrasound in the detection of unstable pelvis in polytrauma patients during e-FAST: the value of FAST-PLUS protocol. A preliminary experience. *J Ultrasound.* 9 juin 2020;
41. Adnet F, Galinski M, Lapostolle F. Échographie en traumatologie pour l'urgentiste : de l'enseignement à la pratique. *Réanimation.* 1 déc 2004;13(8):465-70.
42. Smith RS, Kern SJ, Fry WR, Helmer SD. Institutional learning curve of surgeon-performed trauma ultrasound. *Arch Surg Chic Ill 1960.* mai 1998;133(5):530-5; discussion 535-536.
43. Mazur SM, Pearce A, Alfred S, Goudie A, Sharley P. The F.A.S.T.E.R. trial. Focused assessment by sonography in trauma during emergency retrieval: a feasibility study. *Injury.* mai 2008;39(5):512-8.
44. American Institute of Ultrasound in Medicine, American College of Emergency Physicians. AIUM practice guideline for the performance of the focused assessment with sonography for trauma (FAST) examination. *J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med.* nov 2014;33(11):2047-56.
45. Boulanger BR, Rozycki GS, Rodriguez A. Sonographic assessment of traumatic injury. Future developments. *Surg Clin North Am.* déc 1999;79(6):1297-316.
46. Petrovic T, Lenoir G, Galinski M, Metzger J, Chanzy E, Adnet F, et al. ÉVALUATION DE L'AIDE AU DIAGNOSTIC DE L'ÉCHOGRAPHIE PRÉHOSPITALIÈRE POUR LE MÉDECIN URGENTISTE. *Journal Européen des Urgences.* mars 2004; vol 17; p33
47. Goodkin GM, Spevack DM, Tunick PA, Kronzon I. How useful is hand-carried bedside echocardiography in critically ill patients? *J Am Coll Cardiol.* 15 juin 2001;37(8):2019-22.
48. Walcher F, Kortüm S, Kirschning T, Weihgold N, Marzi I. [Optimized management of polytraumatized patients by prehospital ultrasound]. *Unfallchirurg.* nov 2002;105(11):986-94.
49. Ketelaars R, Hoogerwerf N, Scheffer GJ. Prehospital chest ultrasound by a dutch helicopter emergency medical service. *J Emerg Med.* avr 2013;44(4):811-7.

50. Lyon M, Shiver SA, Walton P. M-mode ultrasound for the detection of pneumothorax during helicopter transport. *Am J Emerg Med.* oct 2012;30(8):1577-80.
51. Roline CE, Heegaard WG, Moore JC, Joing SA, Hildebrandt DA, Biros MH, et al. Feasibility of bedside thoracic ultrasound in the helicopter emergency medical services setting. *Air Med J.* juin 2013;32(3):153-7.
52. Quick JA, Uhlich RM, Ahmad S, Barnes SL, Coughenour JP. In-flight ultrasound identification of pneumothorax. *Emerg Radiol.* févr 2016;23(1):3-7.
53. Madill JJ. In-flight thoracic ultrasound detection of pneumothorax in combat. *J Emerg Med.* août 2010;39(2):194-7.
54. Ketelaars R, Beekers C, Van Geffen G-J, Scheffer GJ, Hoogerwerf N. Prehospital Echocardiography During Resuscitation Impacts Treatment in a Physician-Staffed Helicopter Emergency Medical Service: an Observational Study. *Prehospital Emerg Care Off J Natl Assoc EMS Physicians Natl Assoc State EMS Dir.* août 2018;22(4):406-13.
55. Querellou E, Leyral J, Brun C, Lévy D, Bessereau J, Meyran D, et al. [In and out-of-hospital cardiac arrest and echography: a review]. *Ann Fr Anesth Reanim.* sept 2009;28(9):769-78.
56. Long B, Alerhand S, Maliel K, Koyfman A. Echocardiography in cardiac arrest: An emergency medicine review. *Am J Emerg Med.* mars 2018;36(3):488-93.
57. Tayal VS, Kline JA. Emergency echocardiography to detect pericardial effusion in patients in PEA and near-PEA states. *Resuscitation.* déc 2003;59(3):315-8.
58. Mandavia DP, Hoffner RJ, Mahaney K, Henderson SO. Bedside echocardiography by emergency physicians. *Ann Emerg Med.* 1 oct 2001;38(4):377-82.
59. Breikreutz R, Price S, Steiger HV, Seeger FH, Ilper H, Ackermann H, et al. Focused echocardiographic evaluation in life support and peri-resuscitation of emergency patients: a prospective trial. *Resuscitation.* nov 2010;81(11):1527-33.
60. Aichinger G, Zechner PM, Prause G, Sacherer F, Wildner G, Anderson CL, et al. Cardiac movement identified on prehospital echocardiography predicts outcome in cardiac arrest patients. *Prehospital Emerg Care Off J Natl Assoc EMS Physicians Natl Assoc State EMS Dir.* juin 2012;16(2):251-5.
61. Blaivas M, Fox JC. Outcome in cardiac arrest patients found to have cardiac standstill on the bedside emergency department echocardiogram. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med.* juin 2001;8(6):616-21.
62. Salen P, Melniker L, Chooljian C, Rose JS, Alteveer J, Reed J, et al. Does the presence or absence of sonographically identified cardiac activity predict resuscitation outcomes of cardiac arrest patients? *Am J Emerg Med.* juill 2005;23(4):459-62.
63. Salen P, O'Connor R, Sierzenski P, Passarello B, Pancu D, Melanson S, et al. Can cardiac sonography and capnography be used independently and in combination to predict resuscitation outcomes? *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med.* juin 2001;8(6):610-5.
64. Kim HB, Suh JY, Choi JH, Cho YS. Can serial focussed echocardiographic evaluation in life support (FEEL) predict resuscitation outcome or termination of resuscitation (TOR)? A pilot study. *Resuscitation.* avr 2016;101:21-6.
65. Buhumaid RE, St-Cyr Bourque J, Shokoohi H, Ma IWY, Longacre M, Liteplo AS. Integrating point-of-care ultrasound in the ED evaluation of patients presenting with chest pain and shortness of breath. *Am J Emerg Med.* 2019;37(2):298-303.
66. Lichtenstein D. Lung ultrasound in acute respiratory failure an introduction to the

BLUE-protocol. *Minerva Anestesiol.* mai 2009;75(5):313-7.

67. Seyedhosseini J, Bashizadeh-fakhar G, Farzaneh S, Momeni M, Karimialavijeh E. The impact of the BLUE protocol ultrasonography on the time taken to treat acute respiratory distress in the ED. *Am J Emerg Med.* 1 déc 2017;35(12):1815-8.
68. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest.* juill 2008;134(1):117-25.
69. Kajimoto K, Madeen K, Nakayama T, Tsudo H, Kuroda T, Abe T. Rapid evaluation by lung-cardiac-inferior vena cava (LCI) integrated ultrasound for differentiating heart failure from pulmonary disease as the cause of acute dyspnea in the emergency setting. *Cardiovasc Ultrasound.* 4 déc 2012;10(1):49.
70. Mantuani D, Frazee BW, Fahimi J, Nagdev A. Point-of-Care Multi-Organ Ultrasound Improves Diagnostic Accuracy in Adults Presenting to the Emergency Department with Acute Dyspnea. *West J Emerg Med.* janv 2016;17(1):46-53.
71. Strnad M, Prosen G, Borovnik Lesjak V. Bedside lung ultrasound for monitoring the effectiveness of prehospital treatment with continuous positive airway pressure in acute decompensated heart failure. *Eur J Emerg Med Off J Eur Soc Emerg Med.* févr 2016;23(1):50-5.
72. Bergmann I, Büttner B, Teut E, Jacobshagen C, Hinz J, Quintel M, et al. Pre-hospital transthoracic echocardiography for early identification of non-ST-elevation myocardial infarction in patients with acute coronary syndrome. *Crit Care Lond Engl.* 07 2018;22(1):29.
73. Croft LB, Cohen B, Dorantes T. The echo stethoscope: is it ready for prime time by medical students? - ScienceDirect [Internet]. [cité 17 déc 2020]. Disponible sur: <https://www-scienceirect-com.merlin.u-picardie.fr/science/article/pii/S0735109702820125?via%3Dihub>
74. Alexander JH, Peterson ED, Chen AY, Harding TM, Adams DB, Kisslo JA. Feasibility of point-of-care echocardiography by internal medicine house staff. *Am Heart J.* 1 mars 2004;147(3):476-81.
75. Holscher T, Schlachetzki F, Zimmermann M, Jakob W, Ittner KP, Haslberger J, et al. Transcranial ultrasound from diagnosis to early stroke treatment. 1. Feasibility of prehospital cerebrovascular assessment. *Cerebrovasc Dis Basel Switz.* 2008;26(6):659-63.
76. Schlachetzki F, Herzberg M, Hölscher T, Ertl M, Zimmermann M, Ittner KP, et al. Transcranial ultrasound from diagnosis to early stroke treatment: part 2: prehospital neurosonography in patients with acute stroke: the Regensburg stroke mobile project. *Cerebrovasc Dis Basel Switz.* 2012;33(3):262-71.
77. Herzberg M, Boy S, Hölscher T, Ertl M, Zimmermann M, Ittner K-P, et al. Prehospital stroke diagnostics based on neurological examination and transcranial ultrasound. *Crit Ultrasound J.* 27 févr 2014;6(1):3.
78. Hölscher T, Dunford JV, Schlachetzki F, Boy S, Hemmen T, Meyer BC, et al. Prehospital stroke diagnosis and treatment in ambulances and helicopters-a concept paper. *Am J Emerg Med.* avr 2013;31(4):743-7.
79. Ebinger M, Rozanski M, Waldschmidt C, Weber J, Wendt M, Winter B, et al. PHANTOM-S: the prehospital acute neurological therapy and optimization of medical care in stroke patients - study. *Int J Stroke Off J Int Stroke Soc.* juin 2012;7(4):348-53.
80. Lysakowski C, Walder B, Costanza MC, Tramèr MR. Transcranial Doppler versus angiography in patients with vasospasm due to a ruptured cerebral aneurysm: A systematic review. *Stroke.* oct 2001;32(10):2292-8.
81. Alexandrov AV, Molina CA, Grotta JC, Garami Z, Ford SR, Alvarez-Sabin J, et al.



Ultrasound-enhanced systemic thrombolysis for acute ischemic stroke. *N Engl J Med.* 18 nov 2004;351(21):2170-8.

82. Barlinn K, Tsivgoulis G, Barreto AD, Alleman J, Molina CA, Mikulik R, et al. Outcomes following sonothrombolysis in severe acute ischemic stroke: subgroup analysis of the CLOTBUST trial. *Int J Stroke Off J Int Stroke Soc.* déc 2014;9(8):1006-10.

83. Tsivgoulis G, Eggers J, Ribo M, Perren F, Saqqur M, Rubiera M, et al. Safety and efficacy of ultrasound-enhanced thrombolysis: a comprehensive review and meta-analysis of randomized and nonrandomized studies. *Stroke.* févr 2010;41(2):280-7.

84. Petrovic T, Gamand P, Tazarourte K, Catoire J, Lapostolle F. Feasibility of transcranial Doppler ultrasound examination out-of-hospital. *Resuscitation.* 1 janv 2010;81(1):126-7.

85. Tazarourte K, Atchabahian A, Tourtier J-P, David J-S, Ract C, Savary D, et al. Pre-hospital transcranial Doppler in severe traumatic brain injury: a pilot study. *Acta Anaesthesiol Scand.* avr 2011;55(4):422-8.

86. Tamagnone F, Martínez E, Blejman SD, Rubianes JI, Previgliano IJ. A pilot study of transcranial Doppler-guided initial resuscitation of traumatic and non-traumatic comatose patients. *Minerva Anesthesiol.* sept 2014;80(9):1012-7.

87. Ract C, Le Moigno S, Bruder N, Vigué B. Transcranial Doppler ultrasound goal-directed therapy for the early management of severe traumatic brain injury. *Intensive Care Med.* avr 2007;33(4):645-51.

88. Girisgin AS, Kalkan E, Kocak S, Cander B, Gul M, Semiz M. The role of optic nerve ultrasonography in the diagnosis of elevated intracranial pressure. *Emerg Med J EMJ.* avr 2007;24(4):251-4.

89. Schroeder C, Katsanos AH, Richter D, Tsivgoulis G, Gold R, Krogias C. Quantification of Optic Nerve and Sheath Diameter by Transorbital Sonography: A Systematic Review and Metanalysis. *J Neuroimaging Off J Am Soc Neuroimaging.* mars 2020;30(2):165-74.

90. Moretti R, Pizzi B. Ultrasonography of the optic nerve in neurocritically ill patients. *Acta Anaesthesiol Scand.* juill 2011;55(6):644-52.

91. Dubourg J, Javouhey E, Geeraerts T, Messerer M, Kassai B. Ultrasonography of optic nerve sheath diameter for detection of raised intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* juill 2011;37(7):1059-68.

92. Messerer M, Berhouma M, Messerer R, Dubourg J. Intérêt de l'échographie du diamètre de l'enveloppe du nerf optique pour la détection non invasive de l'hypertension intracrânienne. *Neurochirurgie.* 1 avr 2013;59(2):55-9.

93. Blaivas M, Theodoro D, Sierzenski PR. Elevated intracranial pressure detected by bedside emergency ultrasonography of the optic nerve sheath. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med.* avr 2003;10(4):376-81.

94. Tayal VS, Neulander M, Norton HJ, Foster T, Saunders T, Blaivas M. Emergency Department Sonographic Measurement of Optic Nerve Sheath Diameter to Detect Findings of Increased Intracranial Pressure in Adult Head Injury Patients. *Ann Emerg Med.* 1 avr 2007;49(4):508-14.

95. Potgieter DW, Kippin A, Ngu F, McKean C. Can accurate ultrasonographic measurement of the optic nerve sheath diameter (a non-invasive measure of intracranial pressure) be taught to novice operators in a single training session? *Anaesth Intensive Care.* janv 2011;39(1):95-100.

96. Pfeiffer P, Rudolph SS, Børghlum J, Isbye DL. Temporal comparison of ultrasound vs.

auscultation and capnography in verification of endotracheal tube placement. *Acta Anaesthesiol Scand.* nov 2011;55(10):1190-5.

97. Combes X, Jabre P. Intubation préhospitalière. :6.

98. Li J. Capnography alone is imperfect for endotracheal tube placement confirmation during emergency intubation. *J Emerg Med.* avr 2001;20(3):223-9.

99. Grmec S. Comparison of three different methods to confirm tracheal tube placement in emergency intubation. *Intensive Care Med.* juin 2002;28(6):701-4.

100. Hansen MCT, Schmidt JH, Brøchner AC, Johansen JK, Zwisler S, Mikkelsen S. Noise exposure during prehospital emergency physicians work on Mobile Emergency Care Units and Helicopter Emergency Medical Services. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 6 déc 2017;25(1):119.

101. Werner SL, Smith CE, Goldstein JR, Jones RA, Cydulka RK. Pilot study to evaluate the accuracy of ultrasonography in confirming endotracheal tube placement. *Ann Emerg Med.* janv 2007;49(1):75-80.

102. Peters J, van Wageningen B, Hendriks I, Eijk R, Edwards M, Hoogerwerf N, et al. First-pass intubation success rate during rapid sequence induction of prehospital anaesthesia by physicians versus paramedics. *Eur J Emerg Med Off J Eur Soc Emerg Med.* déc 2015;22(6):391-4.

103. Das SK, Choupoo NS, Haldar R, Lahkar A. Transtracheal ultrasound for verification of endotracheal tube placement: a systematic review and meta-analysis. *Can J Anaesth J Can Anesth.* avr 2015;62(4):413-23.

104. Chou H-C, Tseng W-P, Wang C-H, Ma MH-M, Wang H-P, Huang P-C, et al. Tracheal rapid ultrasound exam (T.R.U.E.) for confirming endotracheal tube placement during emergency intubation. *Resuscitation.* oct 2011;82(10):1279-84.

105. Thomas VK, Paul C, Rajeev PC, Palatty BU. Reliability of Ultrasonography in Confirming Endotracheal Tube Placement in an Emergency Setting. *Indian J Crit Care Med Peer-Rev Off Publ Indian Soc Crit Care Med.* mai 2017;21(5):257-61.

106. Zadel S, Strnad M, Prosen G, Mekiš D. Point of care ultrasound for orotracheal tube placement assessment in out-of hospital setting. *Resuscitation.* févr 2015;87:1-6.

107. Drescher MJ, Conard FU, Schamban NE. Identification and description of esophageal intubation using ultrasound. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med.* juin 2000;7(6):722-5.

108. Chowdhury AR, Punj J, Pandey R, Darlong V, Sinha R, Bhoi D. Ultrasound is a reliable and faster tool for confirmation of endotracheal intubation compared to chest auscultation and capnography when performed by novice anaesthesia residents - A prospective controlled clinical trial. *Saudi J Anaesth.* mars 2020;14(1):15-21.



## « Avancée des pratiques des Médecins urgentistes sur l'échographie pré hospitalière en HéliSmur : une revue narrative de la littérature »

**Introduction :** les missions d'une équipe d'HéliSmur sont vastes et sujettes à des conditions de transfert des patients difficiles en raison notamment du bruit ou du manque d'espace. L'échographie pré-hospitalière se développe de plus en plus, mais ses modalités d'usage dans un vecteur aérien restent peu étayées et nécessitent une analyse approfondie pour faire le point sur ce qu'il est actuellement possible de réaliser.

**Méthode :** Nous avons réalisé une revue narrative de la littérature disponible sur PubMed et ScienceDirect à l'aide de mots clés afin d'affiner les résultats de la recherche. Les études réalisées sur des patients âgés de moins de 18 ans étaient exclues ainsi que celles dont le thème était trop éloigné du sujet de la recherche. Nous avons balayé l'essentiel des types d'échographies réalisées le plus souvent en pré-hospitalier.

**Résultats :** En tout, 217 références ont pu être extraites des moteurs de recherche. Après suppression des doublons, il restait 214 articles. 107 références possédaient un critère d'exclusion. Sur les 112 sélectionnées, 4 d'entre elles ont été exclues après lecture intégrale de l'article car trop éloignées du sujet. L'analyse qualitative porte finalement sur 108 références.

**Discussion :** L'E-FAST est démocratisée dans la pratique courante des médecins urgentistes. Il est retrouvé une excellente spécificité, notamment dans le diagnostic de pneumothorax. Pour les épanchements intra-abdominaux, elle nécessite d'être répétée dans le temps. Son apprentissage est rapide. Elle peut s'avérer précieuse en HéliSmur, notamment en cas de dégradation hémodynamique du patient.

Pour l'échographie trans-thoracique et pleuro-pulmonaire, elles peuvent permettre de guider une réanimation cardio-pulmonaire, et d'évaluer l'efficacité de traitements entrepris dans le cadre de dyspnée. Elles peuvent aider en cas de dégradation sur le plan respiratoire d'un patient intubé en HéliSmur.

Le doppler transcrânien est réalisable et de bonne précision. Sa formation est plus complexe et plus longue. Son utilité chez des patients hélicoptérés reste limitée dans l'accident vasculaire cérébral en pré-hospitalier. Il peut s'avérer utile dans le traumatisme crânien grave, et peut être remplacé par l'examen du diamètre du nerf optique, plus simple de réalisation.

L'échographie transtrachéale est très peu démocratisée en HéliSmur. Elle permet la vérification rapide du caractère endotrachéal d'une intubation. Elle peut aider en cas de doute sur la sonde d'intubation, et peut remplacer la capnographie en cas de défaut du matériel.

**Conclusion :** L'échographie est un outil indispensable, facilement maîtrisé par le médecin urgentiste. La littérature sur son utilisation en HéliSmur est pauvre. Elle pourrait permettre cependant de contrôler l'évolution du patient en cas de dégradation, et peut remplacer l'examen clinique dans les conditions difficiles d'une cabine d'hélicoptère.

Mots clés : échographie ; pré hospitalier ; HéliSmur ; urgences