

# Échographes portables en réanimation : indications et limites

Philippe Vignon

Réanimation polyvalente, CHU Dupuytren, 2 avenue Martin-Luther-King, 87042 Limoges Cedex  
<vignon@unilim.fr>

**Résumé.** L'échographie portable est une technique qui commence à être largement diffusée. Elle utilise des appareils miniaturisés très hétérogènes quant à leurs caractéristiques techniques. Celles-ci limitent généralement leur utilisation en réanimation pour l'évaluation hémodynamique de situations complexes telles que le choc septique. En revanche, les appareils portables de première génération ont une imagerie bidimensionnelle qui permet le diagnostic de pathologies fréquentes en réanimation, telles que la dysfonction pompe ventriculaire, l'anomalie de contraction segmentaire, la dilatation cavitaire ou les épanchements liquidiens péricardiques et pleuraux. Le concept de « stéthoscope ultrasonique » utilise l'échographie portable comme complément à l'examen clinique pour répondre à une ou plusieurs questions simples en un temps limité. Ce type d'utilisation ne correspond pas à l'état de l'art concernant l'échocardiographie conventionnelle. Enfin, la formation de l'opérateur est un facteur limitant essentiel. L'efficacité d'une formation limitée pour une utilisation ciblée de l'échographie portable est actuellement en cours d'évaluation. En pratique clinique quotidienne, l'échographie portable est un outil utile qui améliore la performance du diagnostic clinique lorsqu'elle est utilisée par un opérateur dûment formé. En revanche, elle n'est pas destinée à remplacer l'ETT conventionnelle, dont le nombre ne devrait pas diminuer mais plutôt augmenter suite au dépistage de certaines anomalies par l'échographie portable. En réanimation, l'ETO reste incontournable bien souvent chez des patients ventilés en état critique qui nécessitent une évaluation hémodynamique complète. Les progrès technologiques incessants devraient rapidement repousser les limites de l'échographie portable.

**Mots clés :** réanimation, procédures diagnostiques, échocardiographie Doppler, thérapeutique

**Abstract. Hand-held echocardiography in critical care.** Echocardiographic systems which have the size of a laptop computer are currently available. These hand-held ultrasound units are very easy to use at patient bedside in various clinical settings. According to the miniaturized devices, spectral Doppler may not be available and power Doppler may replace true color Doppler. Validation studies of hand-held echocardiography have been initially conducted in critically ill patients. Diagnostic ability of hand-held echocardiography is similar to that of upper-end platforms for diagnoses based on two-dimensional imaging: left ventricular systolic function, detection of wall motion abnormalities, size of cardiac chambers, identification of pericardial or pleural effusions. In contrast, first generation hand-held echocardiography had important limitations in specific clinical settings, such as shock, pulmonary hypertension, assessment of valvulopathy or valvular prosthesis, dynamic left outflow tract obstruction, left ventricular restriction or constriction. At its present stage of development, hand-carried ultrasound units do not allow to perform a comprehensive examination which relies on the use of a full-feature system, especially when a precise hemodynamic evaluation is required. First-generation hand-carried ultrasound devices may be considered as a « visual stethoscope » which provides an extension of the physical examination, but not as a potential alternative to standard transthoracic echocardiography. Its large potential clinical field of use raises the concern of tailored training programs to intensive care specialists which could be focused on goal-directed echocardiographic examinations. Constant progress in digitization promise to extend rapidly the diagnostic of hand-held echocardiography.

**Key words:** critical care, diagnostic techniques and procedures, echocardiography Doppler, therapeutics

mtc

Correspondance : P. Vignon

L'échographie portable est une méthode d'imagerie qui a été récemment mise sur le marché. Les progrès technologiques et informatiques ont en effet permis une miniaturisation des appareils d'échographie qui atteignent actuellement la taille et le poids d'un ordinateur portable. Ceci les rend très maniables et faciles d'utilisation au lit du patient, où qu'il se trouve. En outre, les échographes portables ont un coût relativement faible comparé aux machines conventionnelles puisque le rapport peut être de

1 à 10. Ces différents avantages expliquent l'intérêt actuel que suscite l'échographie portable dans des exercices de la médecine aussi variés que le triage des patients aux urgences, le complément de l'examen clinique chez des patients ambulatoires ou hospitalisés, ou le dépistage de pathologie cardiovasculaire dans une population à risque. Enfin, la maniabilité de ces appareils est un atout fondamental dans toutes les situations d'urgences vitales ou d'exams répétés chez des patients instables.

Tableau 1. Description des appareils d'échographie portables

	1 <sup>ère</sup> génération		2 <sup>e</sup> génération	
	Optigo® (Philips)	Sonoheart Elite® (Sonoview)	MicroMaxx® (SonoSite*)	Vivid i® (General Electrics)*
Autonomie (h)	2 3,5	2 2,4	4 3,7	1 5
Taille (cm)	33 x 23 x 9	34 x 19 x 6	30 x 27 x 8	36 x 31 x 59
Sonde (MHz)	2,5	2 - 4	2 - 4	1,5 - 3,6
2D harmonique	non	oui	oui	oui
Mode M	non	oui	oui	oui
Doppler couleur	vrai	puissance	oui	vrai
Doppler spectral	non	oui	oui	oui
Stockage	images gelées	images gelées	images gelées ou boucles d'images	images gelées ou boucles d'images

2D : imagerie bidimensionnelle.

\* Appareils de nouvelle génération.

Cet article a pour but de discuter les indications de l'échographie portable en réanimation et de souligner les limites de ces appareils miniaturisés. Il abordera également le problème de la formation des utilisateurs potentiels. En revanche, les autres domaines d'application de l'échographie portable ont été développés par ailleurs et ne seront pas abordés ici [1, 2].

### Caractéristiques des échographes portables

On peut considérer qu'un échographe portable est un appareil qui est suffisamment petit et léger pour pouvoir être transporté à la main et être alimenté par batterie. Quatre appareils miniaturisés répondent actuellement à ces critères pour l'échographie cardiaque (tableau 1) : les systèmes de première génération Optigo® (Philips Ultrasons), Sonoheart® (SonoView) et de deuxième génération, MicroMaxx® (SonoSite) et Vivid i® (General Electric). L'appareil Sonoheart a déjà connu plusieurs générations. Les appareils de deuxième génération possèdent l'imagerie d'harmonique. Les appareils Optigo® et Vivid i® possèdent un réel Doppler couleur fondé sur la mesure du glissement de fréquences Doppler alors que le système Sonoheart Elite est équipé d'un Doppler puissance qui ne mesure pas les vitesses de déplacement de la colonne sanguine [3]. L'appareil Optigo® n'a pas de mode M ni Doppler spectral (tableau 1). En revanche, la surface de son capteur est de petite taille, ce qui en facilite la maniabilité (figure 1). L'appareil Vivid i®, dont les premiers modèles sont disponibles, rassemble dans un format d'ordinateur portable (poids 5 kg), l'ensemble des modalités d'imagerie et de Doppler actuellement disponibles sur les

appareils de haut de gamme ; il permet en particulier de réaliser des échographies cardiaques et vasculaires en utilisant l'ensemble des modalités Doppler, y compris une échographie transœsophagienne (une sonde dédiée peut être connectée à cet appareil). Sa validation clinique ne devrait pas tarder, en comparaison aux appareils haut de gamme, même s'il est probable que plusieurs modèles seront proposés par le constructeur en fonction des usages prévisibles (radiologie libérale, hospitalisations, laboratoires d'échocardiographie, service de réanimation...). Les échographes portables permettent d'enregistrer des images sous un format numérique et de réaliser des mesures standard. Certains peuvent également être connectés à un magnétoscope ou à une imprimante. Les améliorations techniques incessantes modifieront probablement les caractéristiques techniques de ces appareils miniaturisés, donc leur champ d'application. Cette revue ne concernera que les appareils portables pour lesquels des études de validation clinique ont été réalisées en réanimation (systèmes Optigo® et Sonoheart Elite®).

### Validation clinique de l'échographie portable en réanimation

Les études cliniques qui ont évalué la capacité diagnostique des échographes portables ont suivi deux approches méthodologiques distinctes [1]. La première était de comparer les résultats fournis par les échographes portables à ceux obtenus avec un appareil haut de gamme utilisé comme référence. La seconde était de décrire l'apport de l'échographie portable par rapport au seul examen clinique, suivant le concept du « stéthoscope ultrasonique ». Actuellement, seule la première approche a été utilisée en réanimation et les études restent peu nombreuses [1, 2, 4, 5].

Dans une étude *princeps* [5] réalisée chez 80 patients hospitalisés en réanimation (n = 47), en soins intensifs (n = 21), en salle de réveil (n = 6) et aux urgences (n = 6), le système Sonoheart® de première génération a manqué

#### Liste des abréviations

ETO : échocardiographie transœsophagienne  
 ETT : échocardiographie transthoracique  
 OAP : œdème aigu pulmonaire



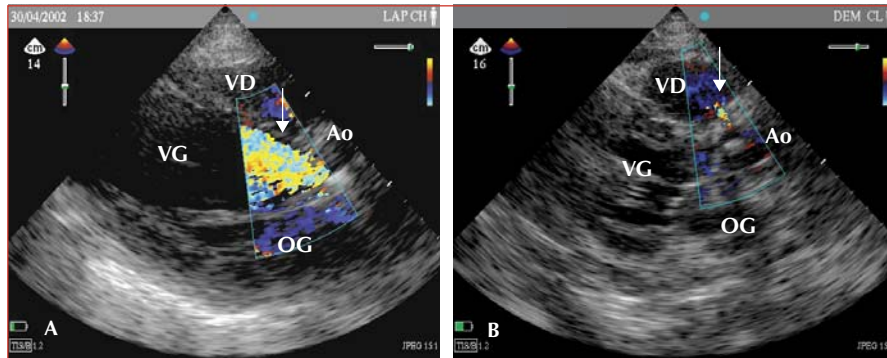
**Figure 1.** Échographes portables et leurs sondes. **A)** Ces appareils miniaturisés ont la taille d'un ordinateur portable et pèsent moins de 5 kg (à gauche, Sonoheart Elite<sup>®</sup>, Sonosite ; au milieu, MicroMaxx<sup>®</sup>, SonoSite ; à droite, Optigo<sup>®</sup>, Philips). Une seringue de 60 mL a été placée sur un système pour mieux apprécier son faible encombrement. **B)** Vue rapprochée des sondes des systèmes Sonoheart Elite<sup>®</sup>, Sonosite (à gauche) et Optigo<sup>®</sup>, Philips (à droite). **C)** Système Vivid i<sup>®</sup>, General Electric.

le diagnostic principal chez 31 % des patients et un diagnostic additionnel dans 19 % des cas. L'échocardiographie transthoracique (ETT) conventionnelle réalisée avec un appareil haut de gamme n'aboutissait qu'à deux faux diagnostics négatifs et identifiait tous les diagnostics additionnels. La plupart des faux résultats négatifs de l'échographie portable ont été attribués à l'absence de Doppler spectral ou à un manque d'informations du Doppler puissance [5]. Ainsi, l'appareil miniaturisé n'a pas identifié une insuffisance valvulaire pertinente chez 14 patients, une hypertension artérielle pulmonaire chez trois patients et une obstruction dynamique à l'éjection du ventricule gauche chez un autre patient [5].

Nous avons examiné avec l'appareil Optigo<sup>®</sup> 139 patients consécutifs en réanimation polyvalente, dont 103 étaient sous ventilation mécanique [6]. Chaque patient a bénéficié d'un examen à l'aide d'un échographe portable et d'une ETT conventionnelle dans un ordre aléatoire. Les deux examens ont été réalisés de manière indépendante par deux opérateurs expérimentés de niveau 3 [7]. Bien que les patients de réanimation soient habituellement difficiles à examiner par voie transthoracique en raison des nombreux obstacles à la pénétration des ultrasons [8], l'appareil miniaturisé a permis d'obtenir un nombre de fenêtres acoustiques proche de celui obtenu avec l'échographe haut de gamme (340/435 *versus* 346/435, NS). La précision diagnostique de l'échographe portable était en revanche inférieure à celle de l'ETT (82 % *versus* 91 % ;  $p < 0,001$ ). Là aussi, la plupart des faux résultats négatifs de l'échographie portable étaient attribuables à l'absence de Doppler spectral : hypertension artérielle pulmonaire ( $n = 15$ ), valvulopathie ( $n = 4$ ), obstacle dynamique à l'éjection du ventricule gauche ( $n = 3$ ). En revanche, la capacité diagnostique de l'échographe portable approchait celle de l'appareil haut de gamme pour les diagnos-

tics qui étaient fondés sur la seule imagerie bidimensionnelle (85 % *versus* 89 % ; NS). Le Doppler couleur a néanmoins permis d'identifier certaines valvulopathies aiguës sévères et shunts intracardiaques (figure 2). L'impact thérapeutique qui était défini par les modifications thérapeutiques directement liées aux résultats de l'échocardiographie était comparable avec l'appareil portable et le système haut de gamme (59 % *versus* 60 % ; NS) [6]. Il faut insister sur le fait que dans cette étude les opérateurs étaient expérimentés en échocardiographie, ce qui ne permet pas d'extrapoler ces résultats à des médecins réanimateurs sans formation adaptée.

Afin de prendre en compte le niveau de formation de l'opérateur et d'évaluer l'apport de l'échographie portable dotée d'un Doppler spectral, nous avons réalisé une autre étude prospective chez 55 patients consécutifs de réanimation polyvalente, dont 40 étaient sous ventilation mécanique [9]. Chaque patient était examiné à l'aide du système miniaturisé Sonoheart Elite<sup>®</sup> et avec un appareil haut de gamme (Sonos 5500, Philips Ultrasons). Les deux opérateurs qui avaient un niveau 3 étaient randomisés pour réaliser de façon indépendante soit l'échographie portable, soit l'ETT conventionnelle. Malgré la forte proportion de patients ventilés, le nombre de fenêtres acoustiques obtenues par les deux approches était comparable (en moyenne :  $2,3 \pm 0,8$  *versus*  $2,4 \pm 0,8$  ; NS). Malgré l'existence d'un Doppler spectral, la capacité diagnostique de l'échographe portable restait inférieure à celle de l'ETT conventionnelle (80 % *versus* 92 % ;  $p = 0,002$ ). Ainsi, le système miniaturisé a manqué chez certains patients le diagnostic d'élévation des pressions de remplissage du ventricule gauche ( $n = 2$ ), de valvulopathies sténosantes ( $n = 2$ ) et d'hypertension artérielle pulmonaire ( $n = 6$ ). Ces erreurs diagnostiques sont probablement liées à la qualité variable du profil Doppler spectral en fonction du patient



**Figure 2.** Vue parasternale grand axe obtenue avec le système Optigo® en Doppler couleur chez des patients examinés pour suspicion d'endocardite infectieuse. **A)** On note une insuffisance aortique avec un jet régurgitant large à l'origine qui est compatible avec une fuite sévère. **B)** On note une fistule entre l'aorte sus-valvulaire et le ventricule droit qui est identifiée grâce à l'aliasing créé par les turbulences circulatoires. Ces anomalies ont été confirmées en échocardiographie transthoracique conventionnelle chez les deux patients.

examiné, mais aussi du site d'enregistrement [9]. De plus, l'alignement du tir Doppler continu avec un jet transvalvulaire ou le long du septum interventriculaire était probablement mauvais chez certains patients. En effet, l'échographe portable utilisé n'était doté que d'un Doppler puissance qui ne permettait pas d'identifier les jets turbulents à haute vélocité en l'absence d'*aliasing* [3]. Il est important de souligner que ces faux résultats négatifs ont été enregistrés par les deux opérateurs, ce qui élimine le rôle du niveau d'expérience. Comme dans l'étude précédente [6], les diagnostics fondés sur l'imagerie bidimensionnelle étaient correctement identifiés par les deux examens échocardiographiques. De même, l'impact thérapeutique de l'échographie portable était comparable à celui de l'ETT conventionnelle (49 % *versus* 51 % ; NS) [9].

L'amélioration de la qualité de l'imagerie bidimensionnelle, la disponibilité sur un même appareil d'un réel Doppler couleur et du Doppler spectral, la généralisation de l'imagerie d'harmonique et l'intégration d'autres modalités d'imagerie (Doppler tissulaire...) augmenteront probablement la précision diagnostique des échographes portables chez les patients de réanimation ventilés dans un avenir proche. À noter qu'à notre connaissance, aucune étude publiée n'a encore évalué l'appareil Vivid i® en réanimation (tableau 1).

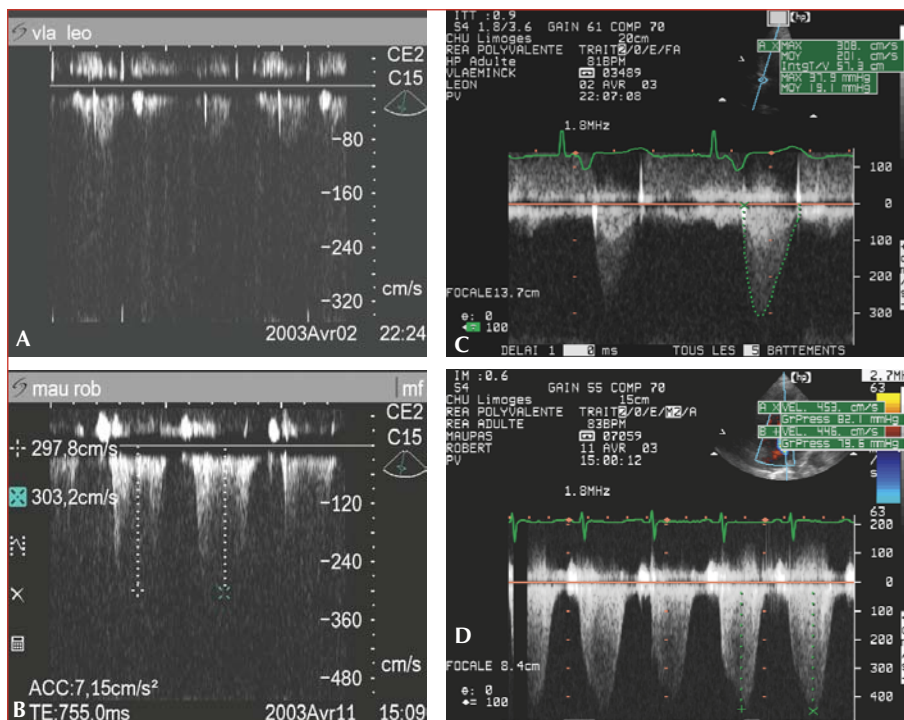
### Indications de l'échographie portable

Les indications d'une technique d'imagerie reposent sur sa capacité diagnostique. Celle-ci dépend à son tour des caractéristiques techniques de l'appareil mais aussi de la qualité de l'acquisition et de la justesse de l'interprétation des images par l'opérateur. Ce caractère « opérateur dépendant » a une influence encore plus importante sur la précision diagnostique de l'échographie portable pour trois raisons principales. La première est la miniaturisation des appareils, qui rend généralement la qualité d'image moins bonne, donc leur interprétation plus difficile [10]. La deuxième est le large champ d'applications de l'échographie portable, qui implique comme opérateurs des

médecins non cardiologues n'ayant pas d'expérience avec les ultrasons. La troisième est qu'un examen volontairement limité pour répondre à une question précise sera plus court qu'un examen conventionnel, mais non exhaustif dans ses conclusions et potentiellement à l'origine de faux résultats négatifs [10]. C'est pourquoi il faut distinguer la capacité diagnostique de l'échographie portable comparée à un appareil haut de gamme dans le contexte d'un examen répondant à l'état de l'art, et la capacité d'un examen volontairement limité pour répondre uniquement à une question clinique non résolue par l'examen physique du patient. Ceci explique l'hétérogénéité des études cliniques publiées sur ce sujet [1, 2, 4].

Bien qu'il n'y ait pas de recommandations officielles concernant les indications de l'échographie portable, aussi bien en cardiologie qu'en réanimation ou aux urgences, la littérature et l'expérience dans ce domaine permettent de proposer un certain nombre d'indications logiques [1]. En effet, tout échographe portable peut permettre les diagnostics fondés sur l'imagerie bidimensionnelle. Les appareils possédant un réel Doppler couleur permettent en outre d'identifier des shunts intracardiaques et des valvulopathies dès lors que les anomalies sont suffisamment importantes pour créer un aliasing facilement identifiable (figure 2). Si l'appareil miniaturisé n'a pas de Doppler spectral, il ne permet évidemment pas de quantifier une valvulopathie ou une hypertension artérielle pulmonaire [5, 6]. La disponibilité du Doppler spectral sur un échographe portable ne met pas à l'abri d'une sous-estimation des vitesses Doppler (figure 3), donc de la sévérité d'une valvulopathie ou d'un obstacle à l'éjection du ventricule gauche [9].

Pour chaque indication, connaître et respecter les limites liées aux caractéristiques techniques des appareils miniaturisés et au niveau de formation de l'opérateur permet de limiter le risque d'erreurs diagnostiques par excès ou par défaut qui peuvent être préjudiciables, notamment chez des patients instables ayant une menace vitale (tableau 2).



**Figure 3.** Exemple de sous-estimation des vitesses Doppler par l'échographie portable (système Sonoheart, **A** et **B**) panneaux gauche) par rapport à un appareil haut de gamme (Sonos 5500, **C** et **D**). **En haut.** Chez ce patient ayant une valve aortique calcifiée, l'appareil portable (**A**) a sous-estimé le gradient ventriculo-aortique par rapport à l'appareil lourd (**C**) en raison d'une qualité de signal inadéquate. **En bas.** Chez cet autre patient, l'appareil portable a sous-estimé la fuite tricuspide (**B**) par rapport au système haut de gamme (**D**), probablement en raison d'un mauvais alignement avec le jet régurgitant. Adapté d'après [9].

**Tableau 2.** Indications potentielles de l'échographie portable<sup>a</sup>

Indications	Circonstances cliniques	Signes recherchés
États de choc <sup>b</sup>	Histoire clinique simple Forte suspicion clinique Examen de débrouillage	Origine cardiaque ou extracardiaque (tamponnade, dysfonction systolique majeure, complications mécaniques d'un infarctus)
Œdème aigu du poumon <sup>b</sup>	Histoire clinique simple Forte suspicion clinique Examen de débrouillage	Pressions de remplissage du ventricule gauche élevées Cardiopathie associée
Fonction systolique du ventricule gauche	Suspicion d'insuffisance cardiaque gauche Douleur thoracique	Évaluation visuelle de la fonction pompe Cinétique segmentaire
Épanchement péricardique	Douleur thoracique Choc et signes droits, dissociation électromécanique	Liquide intrapéricardique Compression de cavités cardiaques (prolongée pendant le cycle cardiaque)
Embolie pulmonaire grave	Choc et signes droits Insuffisance respiratoire aiguë	Cœur pulmonaire aigu (imagerie bidimensionnelle) Recherche d'une source embolique (sonde vasculaire)
Épanchements pleuraux liquidiens	Douleur thoracique Insuffisance respiratoire aiguë, hypoxémie Opacité radiographique équivoque	Présence et quantification d'un épanchement liquidien Condensation parenchymateuse pulmonaire
« Stéthoscope ultrasonique »	Question clinique non résolue par l'examen physique	Signe(s) permettant de répondre à la question clinique

<sup>a</sup> Chaque indication doit être discutée en fonction des caractéristiques techniques de l'appareil miniaturisé et du niveau d'expérience de l'opérateur.

<sup>b</sup> Voir texte pour détails.

### États de choc

L'état de choc est la principale indication de l'échocardiographie en réanimation [8, 12]. Il est actuellement recommandé de réaliser une échocardiographie

transœsophagienne (ETO) chez les patients ventilés en état de choc [12] car l'ETT fournit souvent des informations insuffisantes [8]. Néanmoins, une étude récente utilisant un appareil haut de gamme a montré que l'ETT seule

permettait de faire la distinction entre l'origine cardiaque ou extracardiaque d'un état de choc chez des patients de réanimation ventilés [13]. Malgré ses limites méthodologiques, cette étude a montré que l'utilisation de critères diagnostiques simples et pour beaucoup fondés sur l'imagerie bidimensionnelle, donc accessibles à l'échographie portable, a le potentiel d'orienter sur le mécanisme d'un état de choc.

Dans un contexte clinique simple et clair, l'échographie portable peut rapidement identifier le mécanisme cardiaque ou extracardiaque d'un état de choc, sous réserve que la qualité d'image soit adéquate (tableau 2). Dans notre expérience en effet [6, 9], l'échographie portable permet d'identifier les dysfonctions systoliques des ventricules et la tamponnade avec une précision comparable à l'ETT conventionnelle. Cependant, d'autres causes de choc cardiogénique, telles qu'une valvulopathie gauche sévère, peuvent être méconnues ou sous-estimées par les appareils portables [6, 9]. De plus, l'échographie portable permet difficilement d'éliminer une hypovolémie responsable d'une dysfonction pompe, en dehors de situations caricaturales.

C'est pourquoi il n'est pas licite actuellement d'utiliser l'échographie portable pour réaliser une évaluation hémodynamique précise des patients en état de choc. Son rôle doit se limiter à un examen de débrouillage en complément de l'examen clinique (tableau 2). Dans cette indication, seul un examen échographique complet réalisé au mieux par voie transœsophagienne fournira le ou les mécanismes de l'état de choc. Cette recommandation est renforcée en cas de choc septique, pour lequel les mécanismes d'insuffisance circulatoire sont souvent multiples (hypovolémie, dysfonction systolique du ventricule gauche et/ou du ventricule droit, vasoplégie) et évolutifs dans le temps [11].

### **Œdèmes aigus du poumon**

L'œdème aigu du poumon (OAP) est une autre indication majeure de l'échographie cardiaque en réanimation [14]. L'examen cherche à identifier le mécanisme (cardiogénique ou lésionnel) et parfois la cause de l'OAP. Le critère diagnostique fondamental de l'OAP cardiogénique est l'élévation des pressions de remplissage du ventricule gauche, que sa fonction systolique soit conservée ou non [11]. C'est pourquoi seuls les échographes portables munis d'un Doppler spectral permettront de suspecter le diagnostic. En effet, l'existence d'une dysfonction ventriculaire gauche en imagerie bidimensionnelle, isolée ou associée à un certain degré de dilatation cavitaire, ne permet pas d'affirmer formellement la nature cardiogénique de l'OAP, notamment en contexte septique. En effet, les dysfonctions systoliques transitoires de la fonction pompe sont fréquentes chez les patients en choc septique compliqué d'œdème pulmonaire lésionnel [11].

Chez un patient hospitalisé pour OAP, l'échographie portable pourrait être utile pour confirmer une forte suspicion diagnostique d'OAP cardiogénique en mettant en

évidence une élévation des pressions de remplissage du ventricule gauche et la cardiopathie sous-jacente associée (tableau 2). Dans toutes les autres situations, notamment chez les patients septiques se présentant avec un OAP possiblement lésionnel, une évaluation hémodynamique complète par ETO reste indispensable [11].

### **Fonction pompe du ventricule gauche**

En présence d'une qualité d'image adéquate, tous les échographes portables permettent d'évaluer la fonction systolique globale et régionale du ventricule gauche chez les patients ventilés de réanimation [5, 6, 9]. De nombreuses études ont également validé l'échographie portable dans cette indication chez les patients ambulatoire ou hospitalisés en cardiologie [2, 15-21]. Ceci permet d'utiliser potentiellement l'échographie portable comme outil de triage aux urgences chez les patients se présentant pour douleurs thoraciques (tableau 2), même si les appareils miniaturisés semblent moins précis pour évaluer la fonction ventriculaire gauche régionale que les appareils haut de gamme dans certaines études [18, 19].

L'évaluation de la fonction diastolique par échographie portable n'a jamais été étudiée. Elle pourrait être au mieux appréciée par les appareils munis de Doppler spectral, avec toutes les limites qui en découlent [22].

### **Épanchements péricardiques**

Puisque le diagnostic d'épanchement péricardique est fondé sur l'imagerie bidimensionnelle, l'échographie portable a une précision diagnostique comparable à l'ETT conventionnelle pour identifier cette anomalie chez les patients de réanimation [6, 9]. Ces résultats ont été confirmés chez des patients de cardiologie [2]. De plus, l'échographie portable permet de guider la péricardiocentèse éventuelle [23]. Le diagnostic de tamponnade lié à un épanchement péricardique est accessible à l'échographie portable lorsqu'il existe une compression cavitaire prolongée pendant le cycle cardiaque (tableau 2). En revanche, les signes hémodynamiques fondés sur les variations respiratoires des vitesses Doppler tricuspides et mitrales ne peuvent être obtenus évidemment qu'avec des appareils miniaturisés dotés du Doppler spectral.

### **Embolie pulmonaire grave**

L'échographie portable est fiable pour le diagnostic de dysfonction et dilatation du ventricule droit et permet d'apprécier également la présence d'un septum paradoxal [6, 9]. En revanche, elle ne permet pas toujours de quantifier précisément une hypertension artérielle pulmonaire, même lorsque l'appareil miniaturisé est doté du Doppler spectral [6, 9]. L'utilisation de l'échographie portable pour dépister des signes de cœur pulmonaire aigu en imagerie bidimensionnelle est envisageable aux urgences, en connaissant les risques de faux négatifs. La rentabilité sera d'autant plus importante que la suspicion clinique est élevée et que la forme clinique est grave, donc en faveur d'une obstruction vasculaire étendue (tableau 2). Certains

---

appareils portables laissent la possibilité d'utiliser également une sonde vasculaire qui permet un examen périphérique à la recherche d'une source embolique. Des études cliniques sont actuellement en cours pour aider le triage des patients aux urgences.

### **Épanchements pleuraux liquidiens**

Les épanchements pleuraux liquidiens sont aisément identifiés à l'aide de l'échographie portable [6, 9]. L'échographie portable peut même potentiellement quantifier le volume de ces épanchements [24] et guider la thoracocentèse [23].

### **Concept de « stéthoscope ultrasonique »**

Ce concept est né de plusieurs études qui ont comparé les résultats fournis par l'échographie portable réalisée au lit du patient à ceux de l'examen clinique [16, 17, 21]. Le principe est d'améliorer la faible performance de l'examen clinique pour le diagnostic de certaines pathologies (fonction systolique du ventricule gauche, valvulopathie...) en réalisant un examen bref et dirigé à l'aide d'un échographe miniaturisé. L'ensemble de ces études converge pour établir le gain diagnostique obtenu grâce à cette stratégie [16, 17, 21]. Dans ce type d'indication, l'échographie portable n'est pas utilisée pour réaliser un examen complet comme avec l'ETT conventionnelle, mais plutôt comme un outil maniable pour répondre uniquement à un nombre limité de questions cliniques simples. Ainsi, l'échographie portable ne se pose pas comme une alternative à l'ETT conventionnelle, mais plutôt comme un complément utile de l'examen clinique au lit du patient qui peut être réalisé rapidement en améliorant sa performance diagnostique [2]. Dans ces cas, l'examen échographique ne répond pas à l'état de l'art [25]. Cette approche pourrait être révisée si les appareils de deuxième génération confirmaient les espoirs des études préliminaires [26].

## **Limites de l'échographie portable**

Elles sont de trois ordres : technologiques, stratégiques et humaines [10].

### **Limites d'ordre technologique**

Comme décrit précédemment, chaque type d'appareil miniaturisé a certaines limites technologiques. Pour certains, le Doppler spectral et l'imagerie d'harmonique ne sont pas disponibles. Pour d'autres, le Doppler puissance est désavantageux pour le diagnostic des valvulopathies et des turbulences circulatoires (*tableau 1*). Même lorsqu'ils sont dotés d'un Doppler spectral, certains appareils portables peuvent sous-estimer les vitesses mesurées [9]. Ainsi, l'échographie portable semble devoir être utilisée avec précaution dans certaines situations cliniques telles que les états de choc notamment septiques, l'hypertension artérielle pulmonaire, les valvulopathies ou les dysfonctions de prothèses valvulaires, l'obstruction dynamique à

l'éjection du ventricule gauche, la pathologie restrictive ou constrictive [5, 6, 9, 17, 25]. Ces limites d'utilisation deviendront probablement caduques avec l'avènement de la nouvelle génération d'appareils portables du type Vivid i<sup>®</sup>. Dans l'avenir, deux types d'appareils portables pourraient ainsi être proposés : des systèmes relativement onéreux fournissant des outils proches de ceux des appareils haut de gamme et des systèmes plus simples, à faible coût, réservés à des indications limitées.

### **Limites stratégiques**

Maniabilité est souvent assimilée à rapidité d'exécution. De plus, les limites technologiques des échographes portables réduisent leur capacité diagnostique, donc la durée de l'examen [6, 16]. Enfin, l'utilisation de cet outil comme d'un « stéthoscope ultrasonique » conduit à réaliser un examen ciblé qui peut aboutir à la méconnaissance d'une anomalie pertinente associée. Certaines stratégies d'examen augmentent ce risque. Par exemple, Kimura *et al.* [21] ont montré que l'utilisation de la seule vue parasagittale au cours d'un examen ciblé diminuait la précision diagnostique de l'échographie portable.

### **Limites liées à l'expérience de l'opérateur**

Le caractère « opérateur-dépendant » de l'échographie cardiaque est d'autant plus marqué que l'appareil utilisé a certaines limites technologiques. Dans ces conditions en effet, un opérateur expérimenté peut immédiatement identifier les limites de l'appareil et les compenser partiellement. Il pondérera alors son interprétation et limitera le risque d'erreur diagnostique. C'est pourquoi la formation de l'opérateur est crucial dans la rentabilité diagnostique de l'échographie portable [10]. Enfin, la courbe d'apprentissage joue un rôle important, notamment pour les opérateurs peu expérimentés [27].

L'utilisation ciblée de l'échographie portable comme « stéthoscope ultrasonique » élargit drastiquement le panel des utilisateurs potentiels, certains d'entre eux n'étant pas cardiologues de formation [10, 25]. Pour répondre à cette nouvelle situation, la formation universitaire à l'échographie cardiaque a été récemment modifiée afin d'intégrer les besoins spécifiques des réanimateurs désirant se former à l'échographie cardiaque [28]. Cette réforme des DIU d'échocardiographie français concerne aussi bien l'enseignement théorique que pratique en milieu de réanimation.

Une formation plus limitée pour les médecins désirant utiliser l'échographie portable comme un « stéthoscope ultrasonique » est une démarche difficile car elle expose à un risque élevé de faux diagnostics positifs ou négatifs, avec des conséquences diagnostiques et thérapeutiques qui peuvent être majeures. Plusieurs études ont montré l'efficacité d'une formation limitée dans le temps afin de réaliser un examen ciblé par un médecin non spécialiste [18-21, 29-31]. Des recommandations américaines ont récemment été publiées concernant la formation des médecins non cardiologues à l'échographie portable [25].

L'évaluation d'une telle stratégie en milieu de réanimation est actuellement en cours.

### Conclusion

L'échographie portable utilise des appareils miniaturisés très hétérogènes quant à leurs caractéristiques techniques. L'ensemble des appareils portables actuellement disponibles ont une imagerie bidimensionnelle qui permet le diagnostic de pathologies fréquentes en réanimation, telles que la dysfonction pompe ventriculaire, l'anomalie de contraction segmentaire, le cœur pulmonaire aigu ou les épanchements liquidiens péricardiques et pleuraux. Le concept de « stéthoscope ultrasonique » utilise l'échographie portable comme complément à l'examen clinique pour répondre à une ou plusieurs questions simples en un temps limité. La formation de l'opérateur est un facteur limitant essentiel à la diffusion de l'échographie portable. Cette nouvelle technique est utile pour améliorer la performance du diagnostic clinique lorsqu'elle est utilisée par un opérateur formé. En revanche, elle n'est pas destinée à remplacer l'ETT conventionnelle. En réanimation, l'ETO reste incontournable bien souvent chez des patients ventilés en état critique qui nécessitent une évaluation hémodynamique complète. Les progrès technologiques permettront rapidement de repousser les limites d'utilisation de l'échographie portable. Le choix du type d'appareil à acquérir dépendra alors du type d'activité et de la formation de l'utilisateur, ainsi que des contingences budgétaires.

### Références

1. Vignon P. Échocardiographie portable : utile ou futile? *Arch Mal Cœur* 2003 ; 96 : 1202-9.
2. Kobal SL, Atar S, Siegel RJ. Hand-carried ultrasound improves the bedside cardiovascular examination. *Chest* 2004 ; 126 : 693-701.
3. Rubin JM. Power Doppler. *Eur Radiol* 1999 ; 9 : S318-S322.
4. Spevack DM, Tunick PA, Kronzon I. Hand-carried echocardiography in the critical care setting. *Echocardiography* 2003 ; 20 : 455-61.
5. Goodkin GM, Spevack DM, Tunick PA, et al. How useful is hand-carried bedside echocardiography in critically ill patients? *J Am Coll Cardiol* 2001 ; 37 : 2019-22.
6. Vignon P, Chastagner C, François B, et al. Diagnostic ability of hand-held echocardiography in ventilated critically ill patients. *Crit Care* 2003 ; 7 : R84-R91.
7. Roudaut R, Touche T, Cohen A, et al. Recommandations de la Société Française de Cardiologie concernant la formation des échocardiographistes et la réalisation des échocardiogrammes. *Arch Mal Cœur* 1994 ; 87 : 791-8.
8. Vignon P, Mentec H, Terré S, et al. Diagnostic accuracy and therapeutic impact of transthoracic and transesophageal echocardiography in mechanically ventilated patients in the ICU. *Chest* 1994 ; 106 : 1829-34.
9. Vignon P, Frank MJB, Lesage J, et al. Hand-held echocardiography with Doppler capability for the assessment of critically-ill patients : is it reliable? *Intensive Care Med* 2004 ; 30 : 718-23.
10. Liang D, Schnittger I. Accuracy of hand-carried ultrasound. *Echocardiography* 2003 ; 20 : 487-90.
11. Vignon P. Hemodynamic assessment of critically ill patients using echocardiography Doppler. *Curr. Opin. Crit. Care* (in press).
12. American Society of anesthesiologists and the Society of cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. *Anesthesiology* 1996 ; 84 : 986-1006.
13. Joseph MX, Disney PJS, Da Costa R, et al. Transthoracic echocardiography to identify or exclude cardiac cause of shock. *Chest* 2004 ; 126 : 1592-7.
14. Slama M, Feissel M. Œdème aigu du poumon. In : Vignon P, Goarin JP, eds. *Échocardiographie Doppler en réanimation, anesthésie et médecine d'urgence*. Paris : Elsevier, 2002 : 479-506.
15. Vourvouri EC, Poldermans D, De Sutter J, et al. Experience with an ultrasound stethoscope. *J Am Soc Echocardiogr* 2002 ; 15 : 80-5.
16. Rugolotto M, Chang CP, Hu B, et al. Clinical use of cardiac ultrasound performed with a hand-carried device in patients admitted for acute cardiac care. *Am Heart J* 2002 ; 90 : 1040-2.
17. Spencer KT, Anderson AS, Bhargava A, et al. Physician-performed point-of-care echocardiography using a laptop platform compared with physical examination in the cardiovascular patient. *J Am Coll Cardiol* 2001 ; 37 : 2013-8.
18. Bruce CJ, Montgomery SC, Bailey KR, et al. Utility of hand-carried ultrasound devices used by cardiologists with and without significant echocardiographic experience in the cardiology inpatients and outpatients settings. *Am J Cardiol* 2002 ; 90 : 1273-5.
19. De Cara JM, Lang RM, Koch R, et al. The use of small personal ultrasound devices by internists without formal training in echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2003 ; 4 : 141-7.
20. Lemola K, Yamada E, Jagasia D, et al. A hand-carried personal ultrasound device for rapid evaluation of left ventricular function : use after limited echo training. *Echocardiography* 2003 ; 20 : 309-12.
21. Kimura BJ, Amundson SA, Willis CL, et al. Usefulness of hand-held ultrasound device for bedside examination of left ventricular function. *Am J Cardiol* 2002 ; 90 : 1038-9.
22. Vignon P. Évaluation des propriétés diastoliques du ventricule gauche. In : Vignon P, Goarin JP, eds. *Échocardiographie Doppler en réanimation, anesthésie et médecine d'urgence*. Paris : Elsevier, 2002 : 128-57.
23. Osranek M, Bursi F, O'Leary PW, et al. Hand-carried ultrasound-guided pericardiocentesis and thoracentesis. *J Am Soc Echocardiogr* 2003 ; 16 : 480-4.
24. Vignon P, Chastagner C, Berkane V, et al. Quantitative assessment of pleural effusion in critically ill patients using ultrasonography. *Crit Care Med* 2005 ; (in press).
25. Seward JB, Douglas PS, Erbel R, et al. Hand-carried cardiac ultrasound device : recommendations regarding new technology. A report from the Echocardiography Task Force on new technology of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2002 ; 15 : 369-73.
26. Ladouceur M, Ederhy S, Dufaitre G, et al. New generation ultrasonography Doppler and echocardiographic machine allows an accurate diagnosis in CCV: preliminary experience. *Arch Mal Cœur* 2005 ; 98 : 74.
27. DeCara JM, Lang RM, Spencer KT. The hand-carried echocardiographic device as an aid to the physical examination. *Echocardiography* 2003 ; 20 : 477-85.
28. Vignon P, Guéret P. Formation des réanimateurs à l'échographie cardiaque. *Réanimation* 2004 ; 13 : 126-30.
29. DeCara JM, Kirkpatrick JN, Spencer KT, et al. use of hand-carried ultrasound devices to augment the accuracy of medical student bedside cardiac diagnoses. *J Am Soc Echocardiogr* 2005 ; 18 : 257-63.
30. Duvall WL, Croft LB, Goldman ME. Can hand-carried ultrasound devices be extended for use by the noncardiology medical community? *Echocardiography* 2003 ; 20 : 471-6.
31. Alexander JH, Peterson AY, Chen TM, et al. Training and accuracy of non-cardiologists in simple use of point-of-care echo : a preliminary report from the Duke Limited Echo Assessment Project (LEAP). *Thoraxcenter J* 2001 ; 13 : 105-10.