



UNIVERSITE DE LILLE
FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG

Année : 2018

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Evaluation de la courbe d'apprentissage d'un protocole échographique
(profil mitral et échographie pleuro-pulmonaire) dans le cadre de l'étude
READ chez des opérateurs novices.**

Présentée et soutenue publiquement le 13 décembre 2018 à 16h

au Pôle Formation

Par Juliette Bacquet

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Eric Wiel

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Gilles Lemesle

Monsieur le Professeur Jean-Marie Renard

Directeur de Thèse :

Monsieur le Docteur Alain-Eric Dubart

« La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs. »

Sommaire

Liste des abréviations	5
Introduction	6
Contexte de l'étude.....	8
Présentation de l'étude READ.....	9
Matériels et Méthodes	11
Matériels.....	11
Type d'étude.....	11
Objectifs de l'étude	11
Critères de jugement.....	12
Population de l'étude.....	12
Formateur de l'étude	13
Les échographes	14
Méthodes	15
Première phase :	15
Deuxième phase :	17
Troisième phase :.....	17
Quatrième phase :.....	18
Analyses statistiques.....	19
Aspects éthiques	21
Résultats	22
Descriptif global	22
Evaluation théorique :	23
Evaluation pratique.....	25
Description des courbes d'apprentissage par opérateur	26
Evaluation du critère secondaire : temps d'exécution du protocole échographique.....	32
Evaluation de l'interprétation des images échographiques des opérateurs novices par rapport à l'expert.....	39
Ressenti des opérateurs novices	41
Discussion	43
Conclusion.....	47
Annexes.....	48
Annexe 1 : cours aux opérateurs	48
Annexe 2 : Fiches explicatives concernant les 14 critères de qualité en échographie thoracique :...	55

Annexe 3 : Evaluation théorique	57
Annexe 4 : Formulaire information patients	62
Bibliographie	63

Liste des abréviations

IDM : Infarctus du myocarde

EP : embolie pulmonaire

ECG : électrocardiogramme

DESC MU : Diplôme d'étude spécialisée complémentaire en médecine d'urgence

FAST : focused assessment with sonography in traumas

READ : rapid emergency echography for acute dyspnea

NT-pro BNP : N-Terminal pro brain natriuretic peptide

TDE : temps de décélération de l'onde

MHz : mégaHertz

USB : Universal Serial Bus

VG : ventricule gauche

LIGNESND : Lignes pleurales interprétées par les novices à droite

LIGNESED : Lignes pleurales interprétées par l'expert à droite

LIGNESNG : Lignes pleurales interprétées par les novices à gauche

LIGNESEG : Lignes pleurales interprétées par l'expert à gauche

PROFILN : profil mitral selon opérateurs novices

PROFILE : profil mitral selon l'expert

Introduction

Tous les services d'urgence connaissent une forte croissance des demandes de consultations, qui peuvent dépasser les capacités du service à prodiguer des soins de qualité dans un délai raisonnable. Ils sont en surcharge et les causes sont multiples et intriquées, elles concernent les services d'urgence mais aussi notamment le défaut de permanence des soins en amont et le manque de lits d'hospitalisation en aval des urgences. Pour faire face à la surcharge tout en respectant le principe de qualité des soins, les services d'urgence doivent se réorganiser. Parmi les différentes solutions organisationnelles proposées et étudiées, la réduction du temps d'obtention des examens radiologiques est l'un des points efficace [1][2].

Parmi les examens radiologiques, l'échographie présente de nombreux avantages. Elle renseigne en temps réel, elle peut se faire directement au lit du malade et directement par le clinicien. Elle est non invasive. La portabilité est un énorme avantage, surtout si le patient est instable, elle permet une évaluation hémodynamique rapide et fiable, de plus, sa disponibilité est immédiate. Le médecin, en charge du patient, peut intégrer directement ses conclusions dans le tableau clinique général, elle lui permet de faire un diagnostic étiologique rapide (tamponnade, IDM, EP...) et fiable. Elle présente également comme avantage d'éviter l'irradiation chez certains patients (comme la femme enceinte), l'innocuité de l'échographie thoracique peut la positionner en première intention dans la stratégie diagnostique étiologique chez les patients qui se présentent aux urgences pour une dyspnée [3][4].

L'apprentissage de l'échographie présente donc un certain intérêt dans les services d'urgence et de réanimation mais elle nécessite un nombre minimum mal défini d'examens à réaliser pour chaque cible.

Dans la littérature, on retrouve un nombre d'examens nécessaires à réaliser autour de 20 pour acquérir les cibles les plus faciles (plèvre, vessie, aorte...), autour de 30 à 50 pour la FAST ECHO[5],[6]. Certaines études montrent que le nombre d'examens à pratiquer pour l'apprentissage par des non-radiologues de la FAST échographie varie entre 50 et 400 mais que 50 examens à pratiquer sont suffisants pour obtenir une qualification avec un taux d'erreur de l'ordre de 5%[7], d'autres estiment à 20-25 échographies tout en précisant que cela ne s'applique pas à toutes les cibles[8]. Le nombre d'échographies nécessaires est donc très variable dans la littérature.

Contexte de l'étude

Le nombre de consultations aux urgences augmente constamment, il est donc nécessaire de diminuer la durée de chaque visite. De ce fait, un triage précis et un diagnostic initial rapide deviennent primordiaux dans la réalisation de cet objectif. Les personnes âgées constituent une grande proportion de patients aux urgences (12%) [9]. Le besoin d'examen complémentaires ou d'interventions thérapeutiques est beaucoup plus élevé dans cette population (4 patients sur 5 nécessitent de telles mesures), près de 50% sont atteints de pathologie cardio-vasculaire. L'approche diagnostic chez ces patients admis pour dyspnée aiguë est complexe et l'identification précoce de l'insuffisance cardiaque aiguë est un véritable challenge car elle impacte le pronostic [10]. Le diagnostic étiologique est difficile surtout chez ces patients aux multiples comorbidités. Les signes cliniques sont difficiles à interpréter et peu spécifiques (le diagnostic étiologique est manqué dans 20% des cas et un traitement inapproprié est débuté aux urgences dans 32% des cas).

Dans la démarche diagnostique, les examens d'échographie spécialisée prennent beaucoup de temps et sont incompatibles avec la nécessité de gérer rapidement un grand nombre de patients aux urgences. Une autre approche diagnostique dans le cadre de l'urgence est effectuée avec les biomarqueurs telle que la concentration sanguine des peptides natriurétiques, cependant cette mesure souffre de plusieurs limitations, en particulier la septicémie, l'insuffisance rénale, le syndrome coronarien aigu, l'embolie pulmonaire, l'insuffisance respiratoire chronique, la fibrillation auriculaire, l'indice de masse corporelle élevé...modifient les taux plasmatiques. De plus, la performance diagnostic se détériore avec l'âge. Dans les situations critiques, l'évaluation des peptides natriurétiques sert principalement à exclure un diagnostic d'insuffisance cardiaque gauche [11],[12],[13].

Un autre intérêt de l'utilisation de l'échographie est sa rapidité au niveau de l'accessibilité et de mise en place.

Présentation de l'étude READ

L'étude READ est une étude multicentrique, diagnostique, de supériorité dont l'objectif principal est de démontrer la supériorité d'une méthode échographique rapide (méthode READ) sur le dosage des NT-ProBNP dans le diagnostic d'insuffisance cardiaque aigüe chez les patients de plus de 75 ans admis aux urgences pour une insuffisance respiratoire aigüe.

La méthode échographique READ couple :

- Une échographie pulmonaire au cours de laquelle sont analysées les lignes B. L'échographie pulmonaire recherche dans les huit quadrants thoraciques (voir figure 1) la présence ou l'absence de lignes B selon le protocole décrit par Volpicelli et al [14] : l'échographie est considérée comme positive en présence de 3 lignes B ou plus dans au moins deux quadrants bilatéraux. L'échographie est considérée comme négative en deçà.

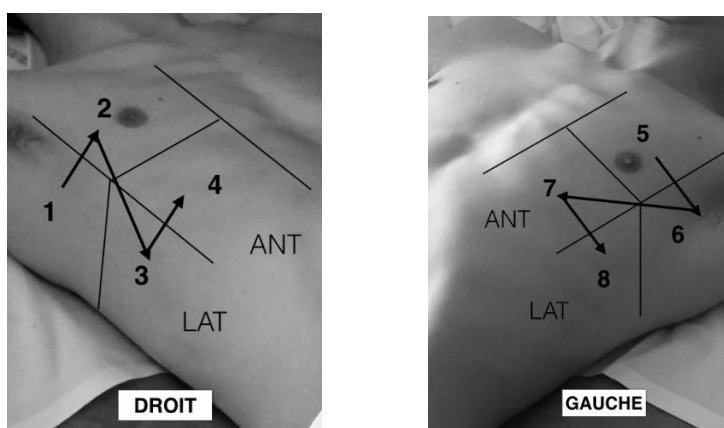


Figure 1 : représentation des huit quadrants thoraciques (1 : latéro-supérieur droit ; 2 : antéro-supérieur droit ; 3 : latéro-inférieur droit ; 4 : antéro-inférieur droit ; 5: antéro-supérieur gauche ; 6:latéro-supérieur gauche ; 7: antéro-inférieur gauche ; 8: latéro-inférieur gauche).

- Et une analyse du profil transmitral : la mesure du doppler transmitral est réalisée par voie apicale 4 cavités afin d'obtenir les vitesses maximales de l'onde E et de l'onde A ainsi que le temps de décélération de l'onde E. Trois profils différents peuvent être obtenus :
 - profil I : troubles de la relaxation $E/A < 1$, $TDE > 220$ ms,
 - profil II : troubles restrictifs $E/A > 2$, $TDE < 150$ ms,
 - profil III : troubles normal ou pseudo-normal $E/A > 1$, $TDE < 220$ ms[15].

Les opérateurs échographiques « READ », dans les centres participant à l'étude, ont été sélectionnés parmi des opérateurs formés (valence universitaire) et reconnus localement. Ils ont été « validés » comme investigateurs « READ » après réalisation de trois échographies tests répondant aux critères qualités de l'étude READ. Ces échographies sont enregistrées sur un serveur centralisé, revisionnées par un opérateur « expert » qui valide ensuite la qualité d'opérateur « READ »[16] ,[17].

La diffusion plus globale de la méthode échographique « READ » va nécessiter un apprentissage validé et considéré comme suffisant pour pouvoir utiliser cette méthode échographique en « routine » dans tous les services d'urgence

L'objectif de notre étude était de déterminer, chez des opérateurs novices, la courbe d'apprentissage et quel était le nombre minimal d'échographie à pratiquer afin d'être capable de réaliser les trois échographies tests permettant leur inclusion comme opérateur READ, ceci après une formation courte.

Matériels et Méthodes

Matériels

Type d'étude

Il s'agit d'une étude prospective, monocentrique d'évaluation d'une courbe d'apprentissage d'une méthode échographique (la méthode READ) simplifiée, afin d'évaluer le nombre d'échographies nécessaire à pratiquer pour acquérir cette méthode après une formation courte chez des opérateurs novices de formation échographique.

Elle a été réalisée dans les services d'urgences et de réanimation du CH de Béthune de juin 2017 à avril 2018.

Objectifs de l'étude

L'objectif principal de l'étude était de déterminer le nombre d'échographies à réaliser par des opérateurs novices pour acquérir la méthode READ selon les critères qualités de l'étude pré-établis (ces critères sont résumés dans l'annexe 1 tableau A).

L'objectif secondaire est d'étudier la courbe de progression de la durée de réalisation de ses échographies READ.

Critères de jugement

Le critère de jugement principal était l'étude de l'évolution individuelle du score échographique (obtenu sur 14) au fur et à mesure des échographies afin de déterminer à partir de quelle échographie, une progression était observée.

Le critère de jugement secondaire était la durée d'exécution de chaque échographie (du début à la fin de l'échographie, mais ne comportait pas l'enregistrement des images) mesurée en minutes et l'évolution du temps d'exécution tout au long de l'apprentissage.

Population de l'étude

Les médecins inclus dans la formation de cette étude étaient 12 internes novices dans leur formation échographique c'est-à-dire n'ayant aucune formation diplômante, 4 internes de médecine générale, 3 DESC MU et 5 internes de réanimation.

Parmi les internes de médecine générale, trois étaient en troisième semestre et un en quatrième semestre. Aucun n'avait de formation ou d'initiation à l'échographie (même au lit du et un en deuxième semestre. Ils avaient tous eu une formation au lit du malade lors de leurs stages d'internat. Parmi les internes de réanimation, trois étaient en deuxième semestre et deux en premier semestre. Ceux de premier semestre n'avaient jamais eu d'initiation à l'échographie, les deuxièmes semestres avaient déjà eu une formation sommaire au lit du malade. Les caractéristiques de la population de l'étude sont résumées dans le *tableau 1*). Parmi les DESC MU ou postulant DESC MU, deux étaient en quatrième semestre.

Lettre opérateur	Date inclusion	Semestre	Spécialité	Formation Diplômante	Au lit du malade	Utilisation Quotidienne	Utilité dans la pratique quotidienne
A	Juin 2017	4 ^{ème}	DESC MU	Non	oui	Non	Oui
B	Juin 2017	2 ^{ème}	DESC MU	Non	oui	Non	Oui
C	Juin 2017	4 ^{ème}	Médecine Générale	Non	Non	Non	Non
D	Novembre 2017	1 ^{er}	Réanimation	Non	Non	Non	Oui
E	Novembre 2017	3 ^{ème}	Médecine générale	Non	Non	Non	Non
F	Juin 2017	2 ^{ème}	Réanimation	Non	Oui	Non (1/semaine)	Oui
G	Novembre 2017	3 ^{ème}	Médecine générale	Non	Non	Non	Non
H	Juin 2017	2 ^{ème}	Réanimation	Non	Oui	Non (1/semaine)	Oui
I	Juin 2017	2 ^{ème}	Réanimation	Non	Oui	Non (1/semaine)	Oui
J	Juin 2017	4 ^{ème}	DESSC MU	Non	Oui	Oui	Oui
L	Novembre 2017	1 ^{er}	Réanimation	Non	Non	Non	Oui
M	Novembre 2017	3 ^{ème}	Médecine générale	Non	Non	Non	Non

Tableau 1 : caractéristiques de la population de l'étude.

Formateur de l'étude

La formation théorique et pratique des internes a été effectuée par un médecin cardiologue et urgentiste diplômé d'échographie, pratiquant quotidiennement l'échographie thoracique et, de plus, considéré comme expert de l'étude READ. C'est également lui qui validait ou non les échographies réalisées par les étudiants selon les critères qualités. Cette validation était faite de manière anonyme.

Les échographes

Les échographies au cours de cette étude ont été réalisées au moyen d'un échographe Philips IE 33 aux urgences et Général electricVIVID S5 en réanimation.

Deux sondes étaient utilisées pour la méthode READ. Une sonde abdominale convexe (2 à 5 MHz) et une sonde cardiaque sectorielle (3 à 8 MHz).

Méthodes

Afin d'établir la courbe d'apprentissage d'opérateurs novices en échographie pour le protocole READ, cette étude s'est déroulée en plusieurs étapes : établissement des objectifs d'apprentissage des cibles échographiques avec élaboration d'un programme de cours théoriques reprenant les bases échographiques et les objectifs pour chaque cible, choix des enseignants et des évaluateurs puis des apprenants, organisation de la formation initiale théorique et pratique, définition des modalités, déroulement des évaluations théoriques et pratiques, évaluation du ressenti des participants, et enfin, réalisation de l'analyse statistique.

En premier lieu, les objectifs d'apprentissage pour les opérateurs novices ont été établis. Il s'agissait, pour les opérateurs d'être capables, sur le plan pratique, d'effectuer une échographie pleuro-pulmonaire et un profil mitral en respectant les critères qualités, et sur le plan théorique, de reconnaître les images pleurales visualisées (normales ou pathologiques) et le type de profil mitral retrouvé. Après l'établissement des objectifs, le programme des cours théoriques a été établi.

Première phase :

Avant de commencer l'étude, une lettre était attribuée à chaque membre opérateur de l'étude (de A à J) par tirage au sort afin de pouvoir anonymiser tous les travaux correspondants à chaque opérateur. Il leur était ensuite distribuée une clé USB avec leur lettre correspondante pour permettre l'enregistrement de leurs images échographiques qu'ils allaient pratiquer par la suite. Les caractéristiques des opérateurs étaient recueillies à l'aide d'un questionnaire rempli par chaque opérateur de façon anonyme (les caractéristiques de la population sont résumées dans le tableau 1). Il s'agissait d'internes arrivant en stage dans les services d'urgence et de

réanimation, recrutée sur la base du volontariat. Il leur était ensuite demandé de répondre à un questionnaire ayant pour but d'évaluer leur niveau de compétence préalable en échographie. Ce questionnaire était noté sur 21, comportait 7 questions sur l'échographie cardiaque (notamment sur le type de sonde à utiliser, sur leur connaissance de la coupe 4 cavités et des profils mitraux) et 4 questions sur l'échographie pleuro-pulmonaire avec des images d'échographies à annoter (voir Annexe 3).

Lors de cette phase, il leur était également dispensé un enseignement théorique de deux heures. Le formateur (expert de l'étude READ) y exposait, au moyen d'un support informatique, les informations fondamentales et les principes physiques de base des échographies cardiaques et pulmonaires ainsi que l'anatomie iconographique des images d'échographie.

Il a ensuite présenté, de façon détaillée, les deux zones d'intérêt de l'étude :

- La coupe 4 cavités cardiaques, avec la recherche du profil mitral (positionnement de la sonde, obtention et explication du E/A et du temps de décélération de l'onde E) et l'interprétation des différents type de flux transmitraux.
- L'échographie pleuro-pulmonaire (localisation de la sonde, images à visualiser sur poumons sains et pathologiques, BLUEprotocol, utilisation et interprétation du doppler tissulaire),
- La présentation de l'étude READ et du protocole, ainsi que la description des critères qualités évalués.

Puis il était remis aux internes, un document résumant le cours théorique, pour permettre aux opérateurs de le consulter quand ils le jugeaient nécessaire (*voir annexes 1 et 2*).

Une nouvelle évaluation théorique était faite après la dispense du cours à l'aide du même questionnaire.

Deuxième phase :

Elle comportait la démonstration pratique de l'échographie pour chacune des cibles sur un sujet volontaire par le formateur. Lors de cette échographie, y était détaillé le fonctionnement de l'appareil, les modalités d'enregistrement des images sur clé USB de façon anonyme, le positionnement de la sonde et son maniement pour visualiser les différentes cibles. Il y était détaillé également les images à obtenir pour chaque cible et l'utilisation du doppler pulsé pour l'obtention d'un profil transmitral. Puis il était détaillé l'obtention du profil mitral avec pic E, pic A, E/A, et temps de décélération de l'onde E).

Troisième phase :

Elle comportait l'auto-apprentissage des internes. Ils pratiquaient sur des patients volontaires, après information de ceux-ci, les échographies READ. Les échographies étaient pratiquées sur des patients dont l'indication d'une échographie était posée lors de leur passage aux urgences (patients qui devaient bénéficier d'une échographie par un sénior diplômé en échographie ou un autre spécialiste) dans le cadre de leur prise en charge. Les internes pratiquaient donc les échographies lors de la prise de la prise en charge des patients et non pendant des séances dédiées.

L'étudiant enregistrait ensuite les images acquises (les lignes pleurales obtenues dans les champs thoraciques supérieurs et antérieurs et le profil mitral obtenu) sur une clé USB de façon anonyme selon le protocole suivant : pour la première échographie celle – ci était enregistrée ECHO 1 suivie de la lettre attribuée à l'opérateur comme suit ECHO1 A (pour la première échographie de l'opérateur A). Le nom du patient n'était pas enregistré sur les

images (images anonymisées). Puis pour chaque échographie, l'étudiant renseignait une fiche d'information avec les caractéristiques du patient et l'interprétation des images obtenues (le type de profil mitral retrouvé et la présence de lignes A et/ou B sur les images pleuro-pulmonaires obtenues dans chaque quadrant). Si celui-ci pensait que le profil obtenu était normal, la réponse « normal » était coté 1 et les autres profils cotés 0, si celui-ci pensait qu'il s'agissait de lignes A, les lignes A étaient cotés 1 et les lignes B, 0.

Le temps total d'acquisition (échographie pleuro-pulmonaire et profil mitral) était chronométré pour chaque échographie et noté « en minutes ».

Lors de leur auto-apprentissage les opérateurs avaient la possibilité de faire appel au document remis à la phase 1 faisant rappel des points importants du cours donné par le formateur et il leur était demandé si celui-ci avait été consulté.

A la fin de l'étude ils remplissaient de nouveau le questionnaire de la première phase pour évaluer leur progression théorique.

Quatrième phase :

Il s'agissait de l'évaluation des images par le formateur. Grâce aux images enregistrées sur les clés USB de façon anonyme, le formateur évaluait les images acquises en fonction des critères qualités du protocole READ (*voir tableau A Annexe 1*). Un point était attribué à chaque critère qualité et donnait un score sur 14 pour chaque échographie. Les critères non respectés étaient notés 0. L'échographie était considérée comme validée si le score total atteignait 10 critères qualités sur 14 minimum avec le critère 10 et le critère 12 obligatoires (critère qualité 10 : fenêtre apical 4 cavités, critère qualité 12 : échantillon de mesure à l'extrémité des feuillets mitraux). En dehors de l'obtention de toutes ces conditions,

l'échographie était considérée par l'expert comme non valide. Puis il remplissait également l'interprétation des images (lignes pleurales observées, type de profil mitral) pour permettre de comparer son interprétation à celle des opérateurs novices. Le profil et les lignes pleurales retrouvés étaient cotés 1, le reste des possibilités d'interprétation étaient cotés 0. Si l'expert jugeait une image ininterprétable, celle-ci était cotée 0 sur toutes les possibilités d'interprétation.

Analyses statistiques

Evaluation théorique

Les participants ont réalisé trois évaluations théoriques. Du fait du faible nombre de participants, un test non paramétrique a été utilisé, le test de Wilcoxon qui a été utilisé pour comparer l'évaluation avant la formation et l'évaluation après la formation, afin d'évaluer si les participants amélioreraient de façon significative leurs notes grâce à la formation courte théorique.

La valeur seuil de significativité retenue était 5%.

Evaluation pratique

Les variables quantitatives ont été décrites par la moyenne et l'écart type ou par la médiane et l'intervalle interquartile. La normalité des distributions a été vérifiée graphiquement ainsi que par l'intermédiaire du test de Shapiro-Wilk.

Les variables qualitatives ont été décrites par la fréquence et le pourcentage.

Des courbes d'apprentissage ont été tracées pour chaque opérateur de la façon suivante : une

échographie a été réalisée avec succès si au moins 10 critères ont été validés sur 14 dont les critères 10 (*fenêtre apical 4 cavités*) et 12 (*échantillon de mesure à l'extrémité des feuillets mitraux*). L'analyse des sommes cumulées (CUSUM *: Cumulative Summation) des deltas létaux de succès évolutif (variant au fur et à mesure des échographies réalisées) et le taux de succès global a été utilisée pour tracer les courbes d'apprentissage de chaque opérateur. La même méthode a été appliquée en utilisant le temps de réalisation de l'échographie comme variable d'intérêt (le CUSUM étant le cumul des deltas entre le temps de réalisation de chaque échographie et le temps moyen de réalisation d'une échographie par chaque opérateur).

**(L'analyse des sommes cumulées, parfois appelée carte de contrôle CUSUM, est une méthode graphique utilisée dans le contrôle qualité afin de contrôler le rendement d'un processus par rapport à une valeur que l'on appelle « valeur ciblée ». Le principe général de cette méthode est de cumuler les décalages par rapport à la valeur ciblée et d'alerter s'ils dépassent un seuil appelé « intervalle de décision » et noté au niveau 0 dans l'étude. Ainsi, CUSUM contrôle la qualité de chaque nouvelle procédure du processus en tenant compte des défaillances précédentes de celui-ci. Cette méthode évalue l'apprentissage d'une technique de telle sorte que les participants doivent confirmer leurs performances de façon à rester au-dessus cet intervalle de décision. En cas d'échec, le graphe descend et peut franchir la ligne 0. Les participants devront alors « gommer » leurs erreurs antérieures pour réintégrer la zone d'apprentissage efficace. Cette méthode est puissante mais ingrate car au moindre échec l'opérateur passe très vite en dessous du seuil et il est difficile pour lui de l'atteindre de nouveau).*

L'évolution globale du temps de réalisation de l'échographie a été modélisée par l'intermédiaire de modèles mixtes à effets aléatoires.

La concordance entre les opérateurs novices et experts concernant la présence de lignes à droite et à gauche et au niveau du profil mitral a été évaluée à l'aide du Kappa de Cohen.

Le seuil de significativité a été fixé à 0.05. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS version 9.4 (SAS Institute, Cary NC, USA).

Aspects éthiques

Pour l'étude, l'avis du Comité de Protection des Personnes a été demandé mais celle-ci ne relevait pas d'une étude interventionnelle et ne modifiait pas les pratiques. L'étude s'était déroulée uniquement avec des opérateurs volontaires et des patients, volontaires devant bénéficier d'une échographie pleuro-pulmonaire et cardiaque pour éviter toute découverte fortuite, après information écrite de ceux-ci (voir Annexe 4). Il n'a pas été effectué de déclaration à la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés) en l'absence de transmission informatique des données et compte tenu de l'anonymisation.

Résultats

Descriptif global

Dans 100% des cas les critères qualités « utilisation d'une sonde abdominale », « image native (non harmonique) », « sonde perpendiculaire aux côtes » et « image centrée » étaient respectés pour les images pleuro-pulmonaires, et « sonde phase array » pour les images cardiaques.

Dans 97,6% des échographies effectuées par les novices l'image était homogène (pas assez ou trop de saturation). Dans 84,5% des cas, la profondeur de 5 à 10 cm pour les images d'échographie pleuro-pulmonaires était respectée. En fait, seul l'opérateur H n'a pas respecté ce critère qualité.

Dans 71,4% des cas, l'ECG était branché en continu.

Dans 98,8% des échographies le mode doppler pulsé était utilisé. Seul l'opérateur E n'avait pas respecté ce critère lors de sa première échographie.

Dans 85,7% des cas, le critère non validant obtention d'une image 4 cavités avait été respecté. Ce critère avait été plus difficile à respecter pour l'opérateur H.

Dans 78,6% des cas le tir doppler passant par l'apex du Ventricule Gauche était obtenu.

Dans 89,3 % des cas l'échantillon de mesure à l'extrémité des feuillets mitraux était respecté.

L'image spectrale était nette dans 72,6 % des cas.

Les mesures étaient considérées de qualité dans 73,8% des images échographiques de profil mitral.

Au niveau des interprétations des images par les échographistes novices, aucune différence d'interprétation n'était retrouvée par rapport à l'expert. Par contre, les différences d'interprétation apparaissaient lors de l'interprétation des profils mitraux.

Au niveau de la durée d'exécution de la méthode échographique, la moyenne d'exécution était de 9 minutes avec un écart-type de 5 minutes. On observait un temps de réalisation globale qui allait de 3 minutes pour l'échographie la plus rapide à 33 minutes pour la plus lente. Individuellement le temps variait de 7,6 minutes +/- l'écart type 4,1 minutes pour l'opérateur J pour le plus rapide, à 11,2 minutes +/- 8,3 pour l'opérateur B (le temps est plus allongé pour cet opérateur car sa première échographie a été particulièrement longue : 33 minutes).

Evaluation théorique :

Au total, trois évaluations théoriques ont été réalisées. Une avant le cours théorique, une après et une en fin d'étude après la réalisation des échographies.

Les résultats, avec les notes des participants obtenues sur 22, sont résumés dans le tableau n° 2.

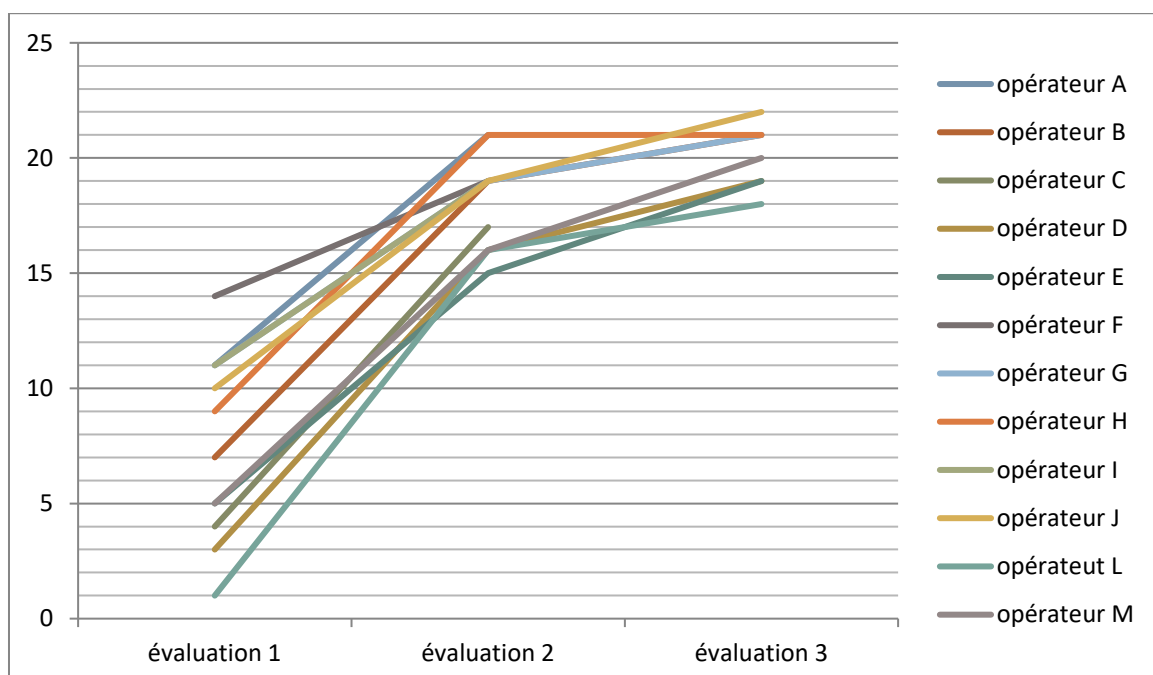


Tableau N° 2 : Résultats obtenus par les opérateurs novices lors des 3 évaluations théoriques.

La note maximale obtenue était 21/22 et la note minimale était de 1/22.

Les réponses « je ne sais pas » étant considérées comme fausses.

Les opérateurs A,C,F et I n'ont pas subi leur troisième évaluation étant donné leur abandon lors de l'étude. Ils n'ont effectué aucune échographie. Les notes moyennes des participants sont résumées dans le tableau 3 (excluant les opérateurs sortis de l'étude).

Séance d'évaluation	Note moyenne	Note la plus basse	Note la plus haute	notes médiane
N°1	5.85	1	11	6
N°2	17.28	15	21	19
N°3	19.85	18	21	20

Tableau N°3 : Notes moyennes des 7 participants ayant fait les échographies dans l'étude.

Pour le test de Wilcoxon, $p < 0.0001$.

Evaluation pratique

Chaque opérateur avait réalisé un nombre différent d'échographies, de 0 pour les participants ayant quitté l'étude, à 29 échographies pour l'opérateur qui en avait effectué le plus.

Le nombre d'échographie réalisé par les opérateurs est résumé dans le tableau N° 4

Lettres novices	opérateurs	Nombre d'échographies effectuées
A		0
B		11
C		0
D		6
E		8
F		0
G		7
H		15
I		0
J		29
L		0
M		8

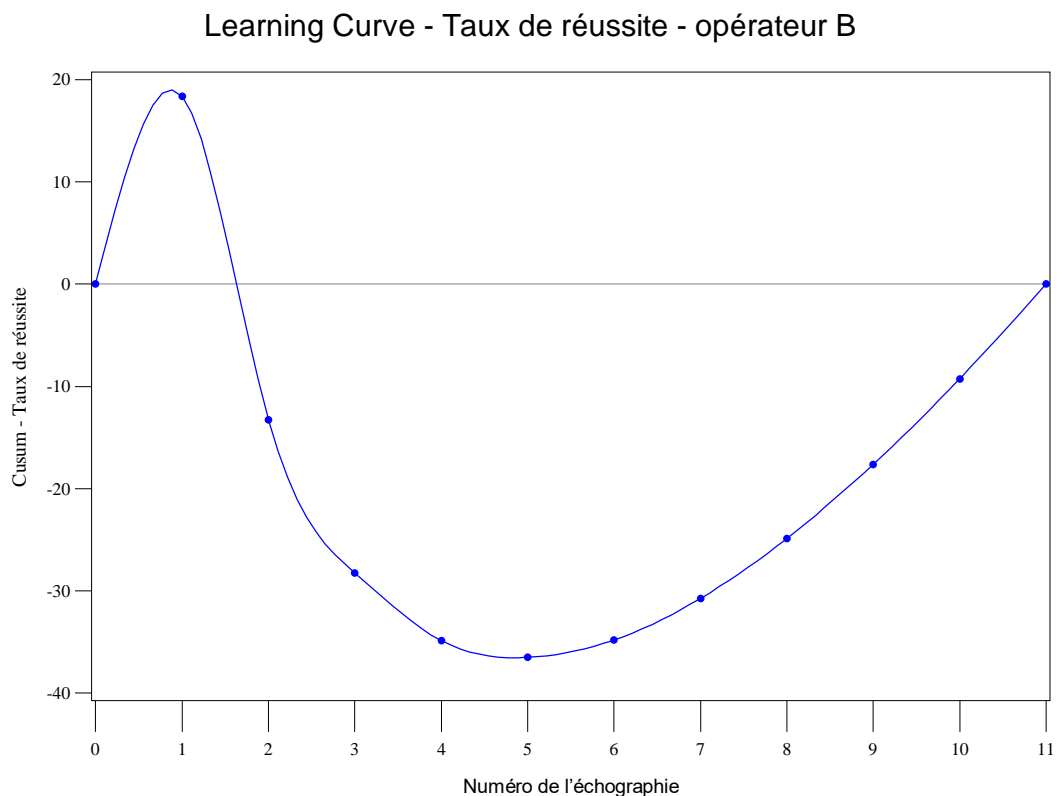
Tableau N° 4 : Nombre d'échographies réalisées pour chaque opérateur novice inclus dans l'étude.

Pour être validé comme opérateur READ, un opérateur devait effectuer au moins trois échographies successives obtenant au moins la validation de 10 critères qualités sur 14 avec comme critères obligatoires le 10 et le 12 (voir Annexe I).

Description des courbes d'apprentissage par opérateur

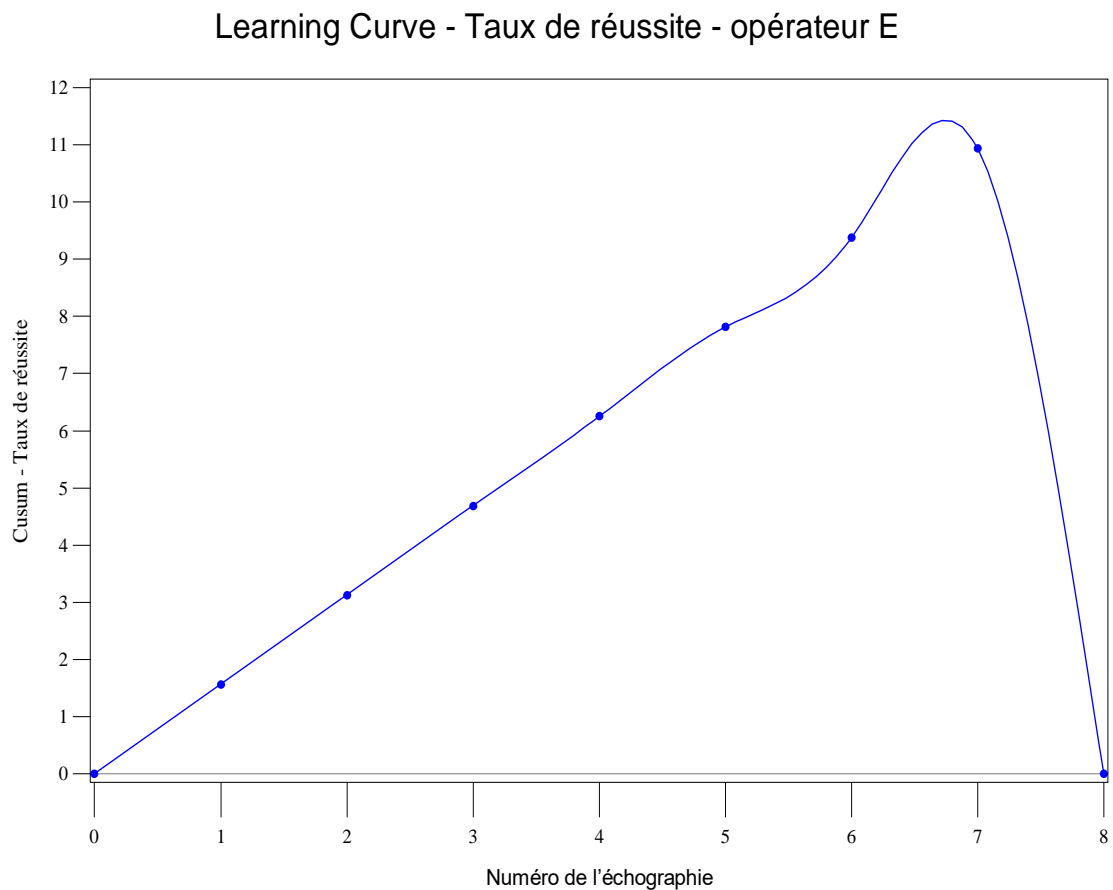
L'opérateur B connaissait une réussite au début puis 1 échec lors de l'échographie suivante. Il ne commence la progression de sa courbe d'apprentissage qu'à partir de la 5^{ème} échographie pour repasser au niveau de l'indice décisionnel qu'à partir de la 11^{ème} échographie. On remarque cependant qu'à partir de la 5^{ème} échographie la courbe d'apprentissage est constante (voir figure 2).

Figure 2 : courbe d'apprentissage du participant B (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).



L'opérateur E ne rencontrait que des succès sur les premières échographies pour finalement finir par un échec (voir figure 3).

Figure 3 : courbe d'apprentissage du participant E (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).



Les opérateurs G et M ne présentaient que des succès à toutes leurs échographies, ceci donne donc des courbes d'apprentissage plates, il n'y a donc pas d'évolution de l'apprentissage mis en évidence même s'ils restaient au niveau du seuil décisionnel (voir figures 4 et 5). Les problèmes les plus fréquents étaient rencontrés pour les critères qualités 8, 11, 13 et 14.

Figure 4 : courbe d'apprentissage du participant G (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).

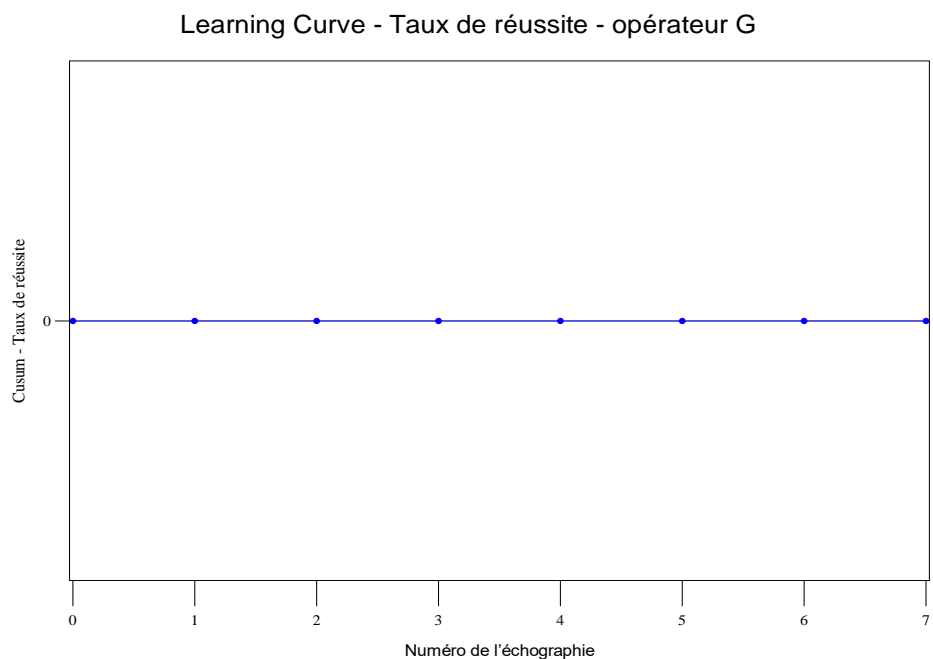
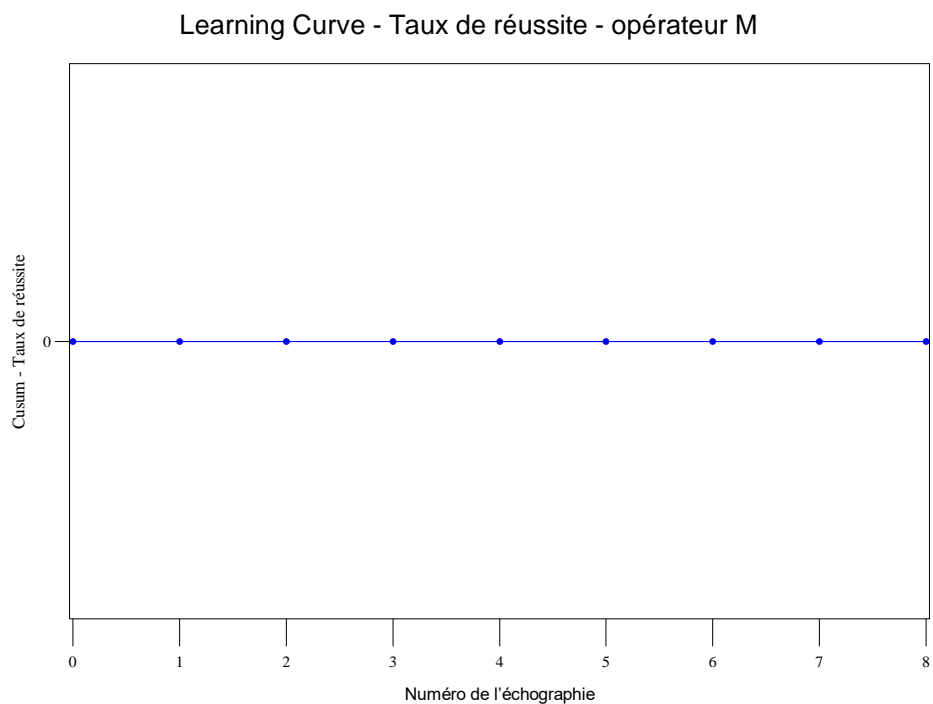
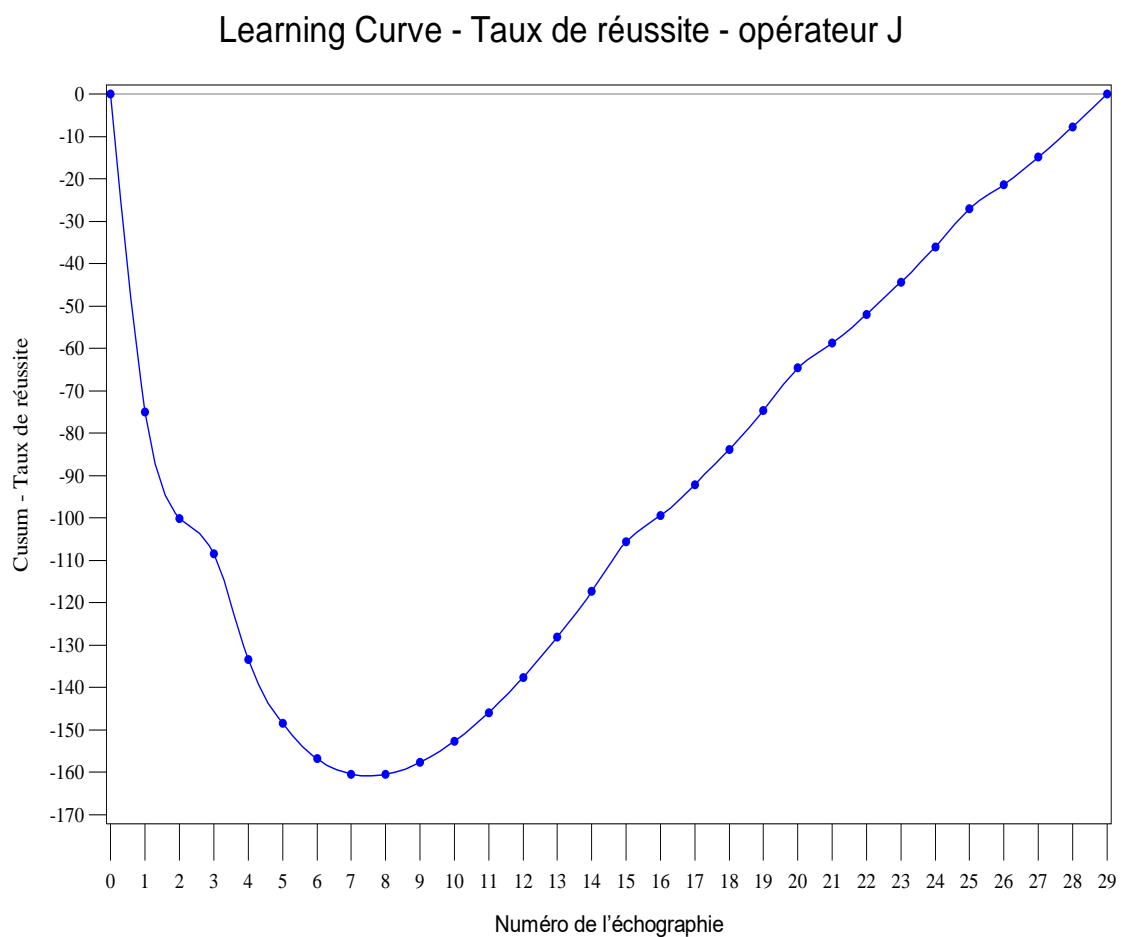


Figure 5 : courbe d'apprentissage du participant M (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).



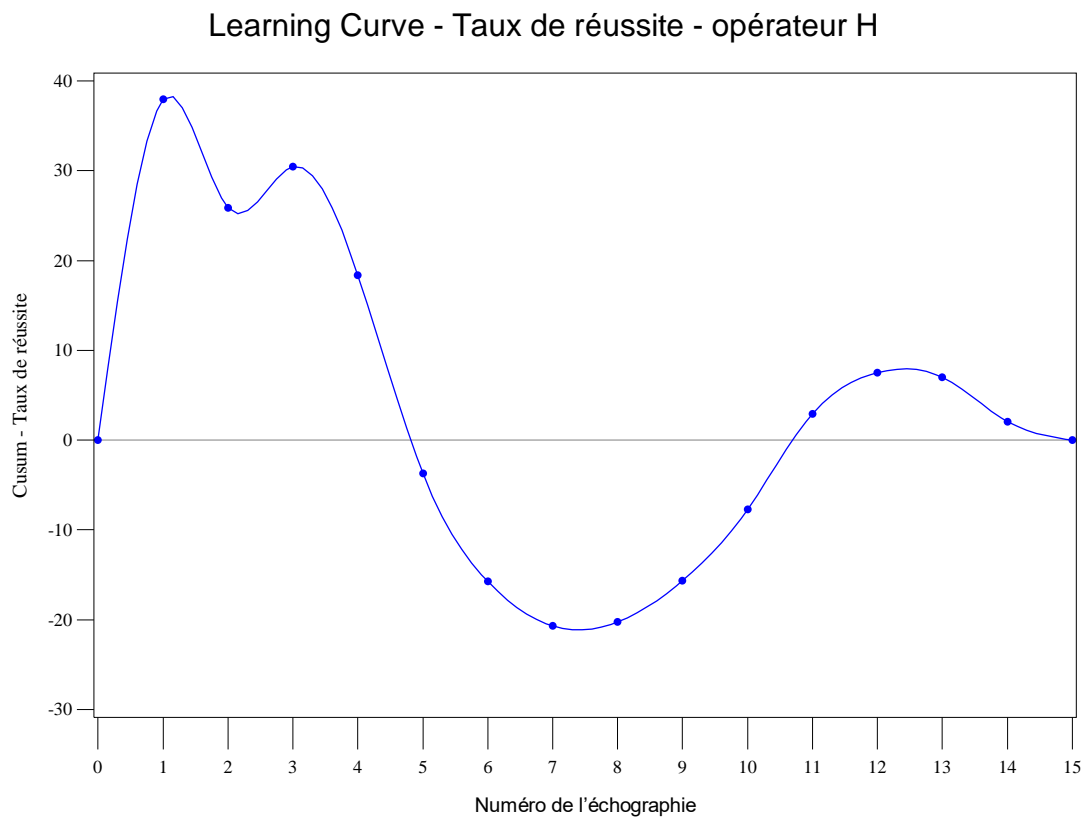
L'opérateur J commençait par un échec et en connaissait d'autres au début de l'étude ce qui ne lui permettait d'avoir une progression ascendante de sa courbe d'apprentissage qu'à partir de la 8^e échographie, à partir de laquelle on observait une progression constante de sa courbe d'apprentissage (voir figure 6).

Figure 6 : courbe d'apprentissage du participant J (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).



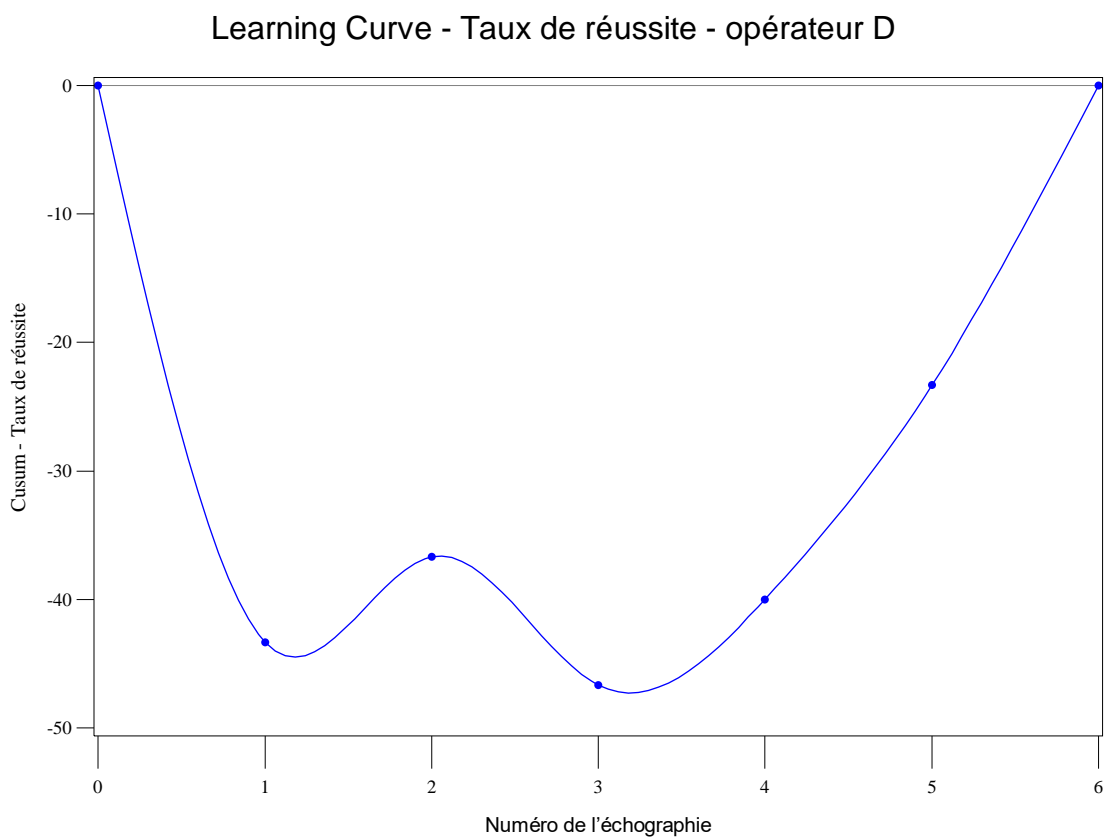
L'opérateur H avait une courbe d'apprentissage plus chaotique. Il commençait par un succès, puis rencontre des difficultés pour les échographies suivantes. Sa courbe d'apprentissage observait une progression constante qu'à partir de la 8^{ème} échographie pour ne passer de nouveau au -dessus du seuil décisionnel qu'à partir de la 11^{ème} (voir figure 7).

Figure 7 : courbe d'apprentissage du participant H (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).



L'opérateur D commençait par des échecs, puis à partir de la 4^{ème} échographie, on observait une progression constante de la courbe d'apprentissage mais sur un nombre restreint d'échographies (voir figure 8).

Figure 8 : courbe d'apprentissage du participant D (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).

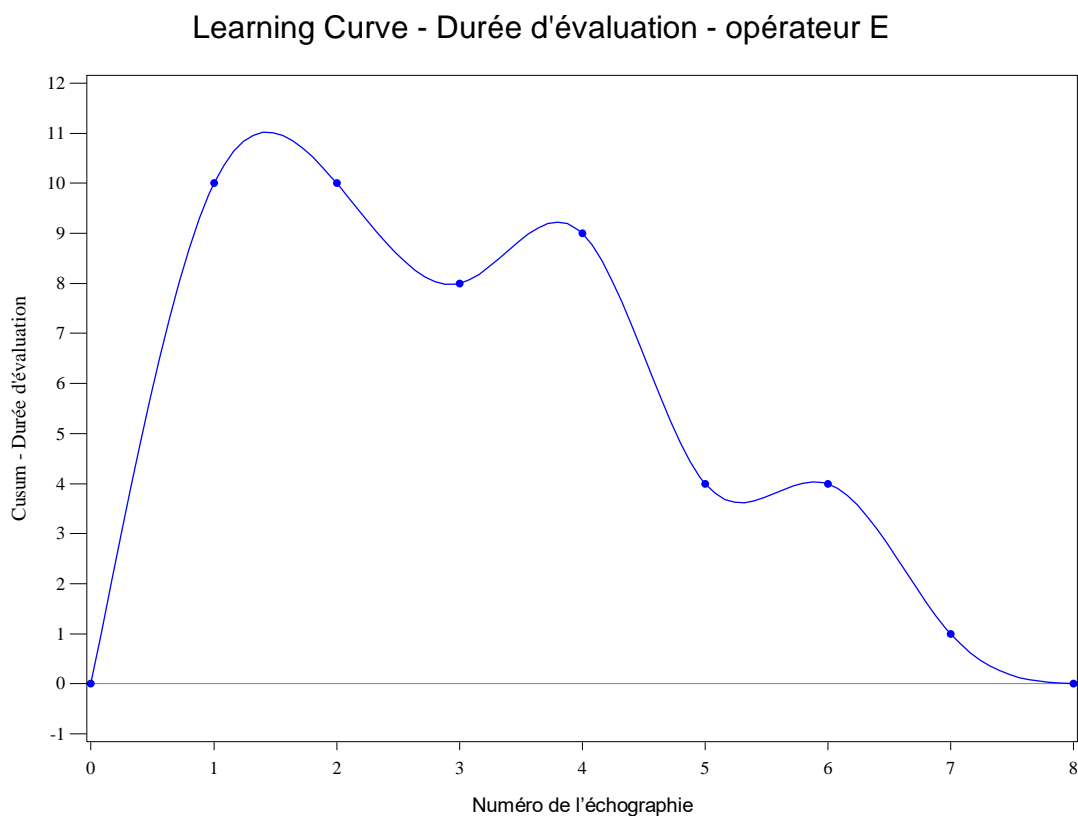


Les opérateurs ayant réalisé un nombre trop différent d'échographies, l'analyse ne permettait pas d'établir un numéro d'échographie à partir duquel on était certain qu'ils étaient compétents pour le protocole READ.

Evaluation du critère secondaire : temps d'exécution du protocole échographique

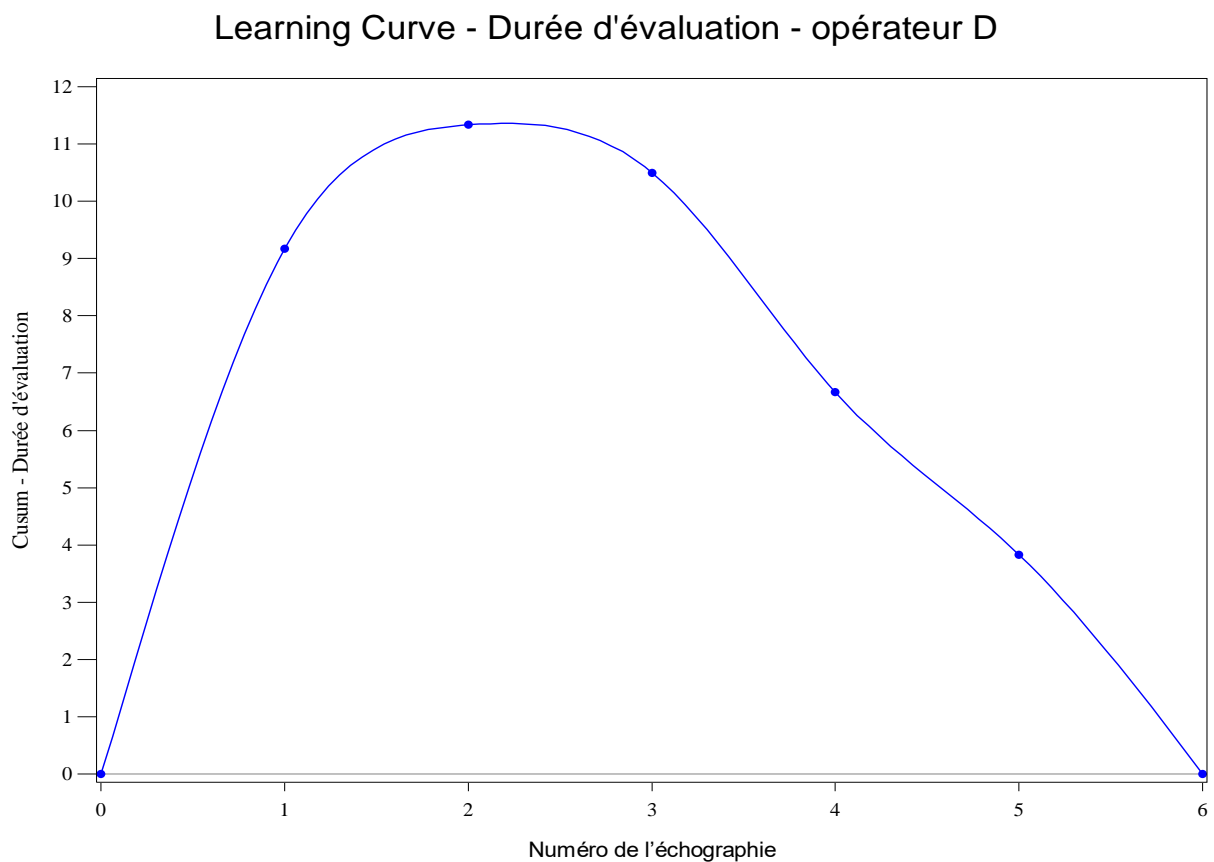
Pour l'opérateur E, la durée de l'échographie commençait à diminuer de façon constante à partir de la 4^{ème} échographie (voir figure 9).

Figure 9 : courbe de durée de réalisation des échographies du participant E (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).



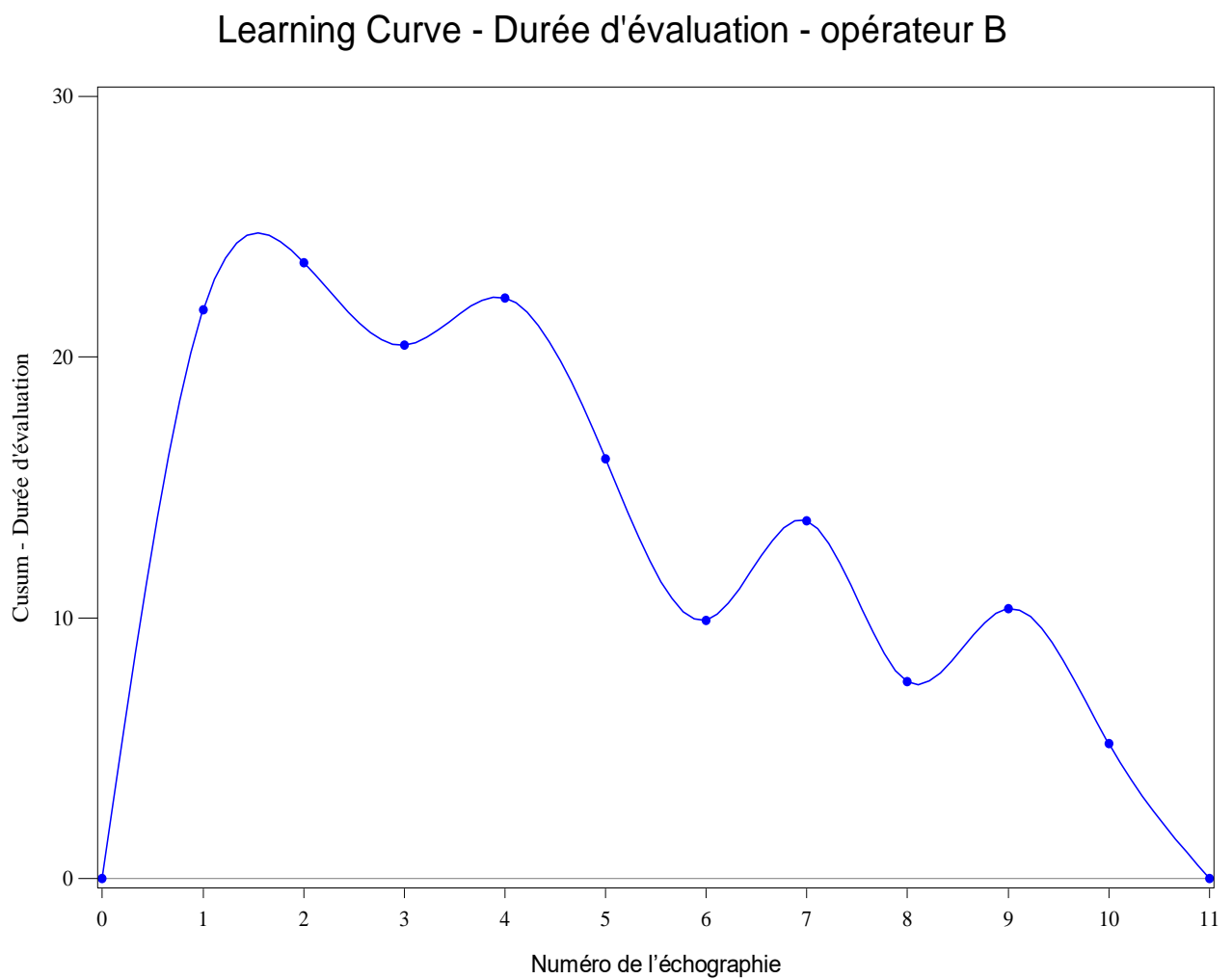
Pour l'opérateur D, à partir de la 2^{ème} échographie, le temps d'exécution s'améliorait de façon constante (voir figure 10).

Figure 10 : courbe de durée de réalisation des échographies du participant D (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).



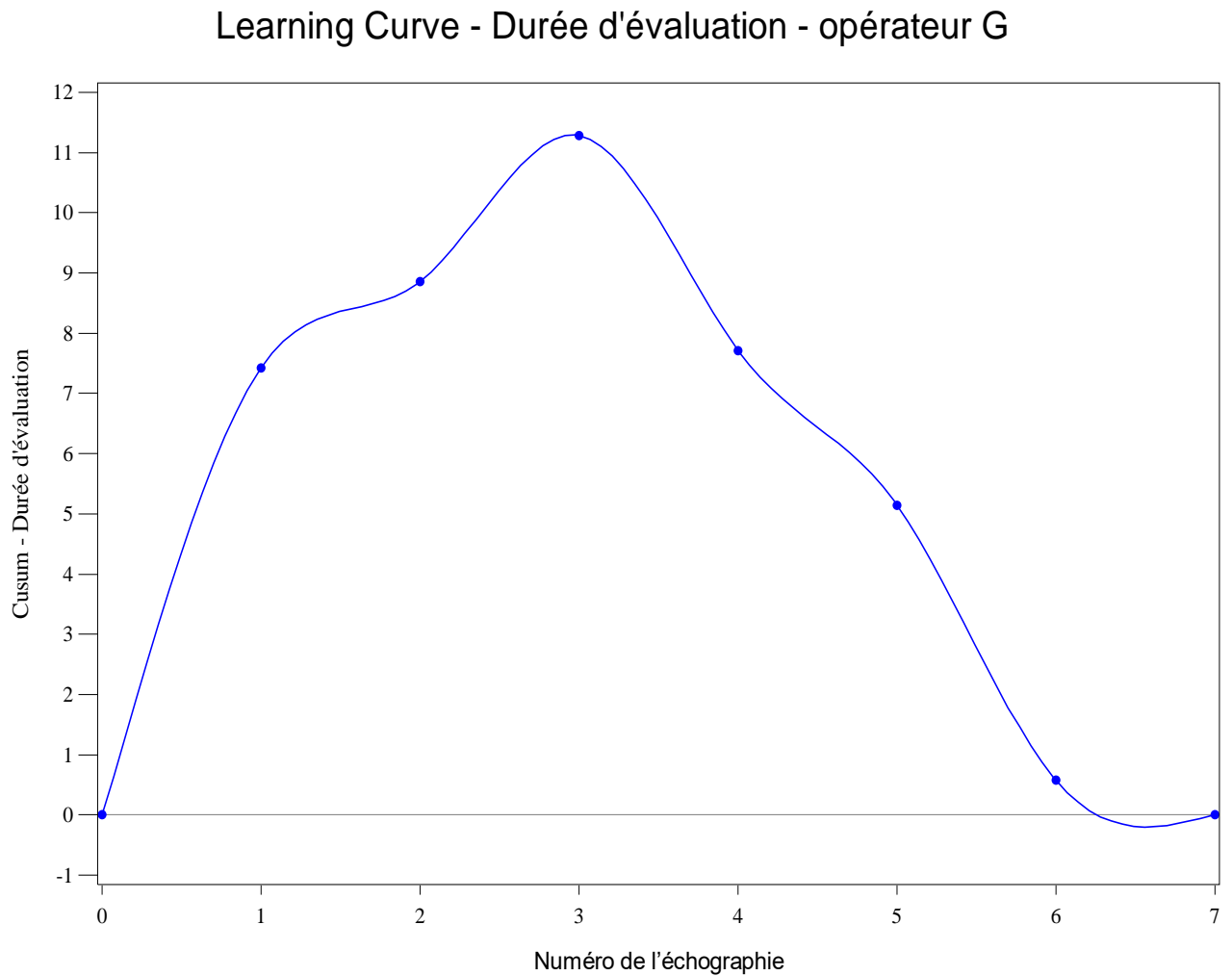
Pour l'opérateur B, l'amélioration était moins franche, néanmoins on observait une tendance à la diminution du temps de réalisation à partir de la 4^{ème} échographie (voir figure 11).

Figure 11 : courbe de durée de réalisation des échographies du participant B (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).



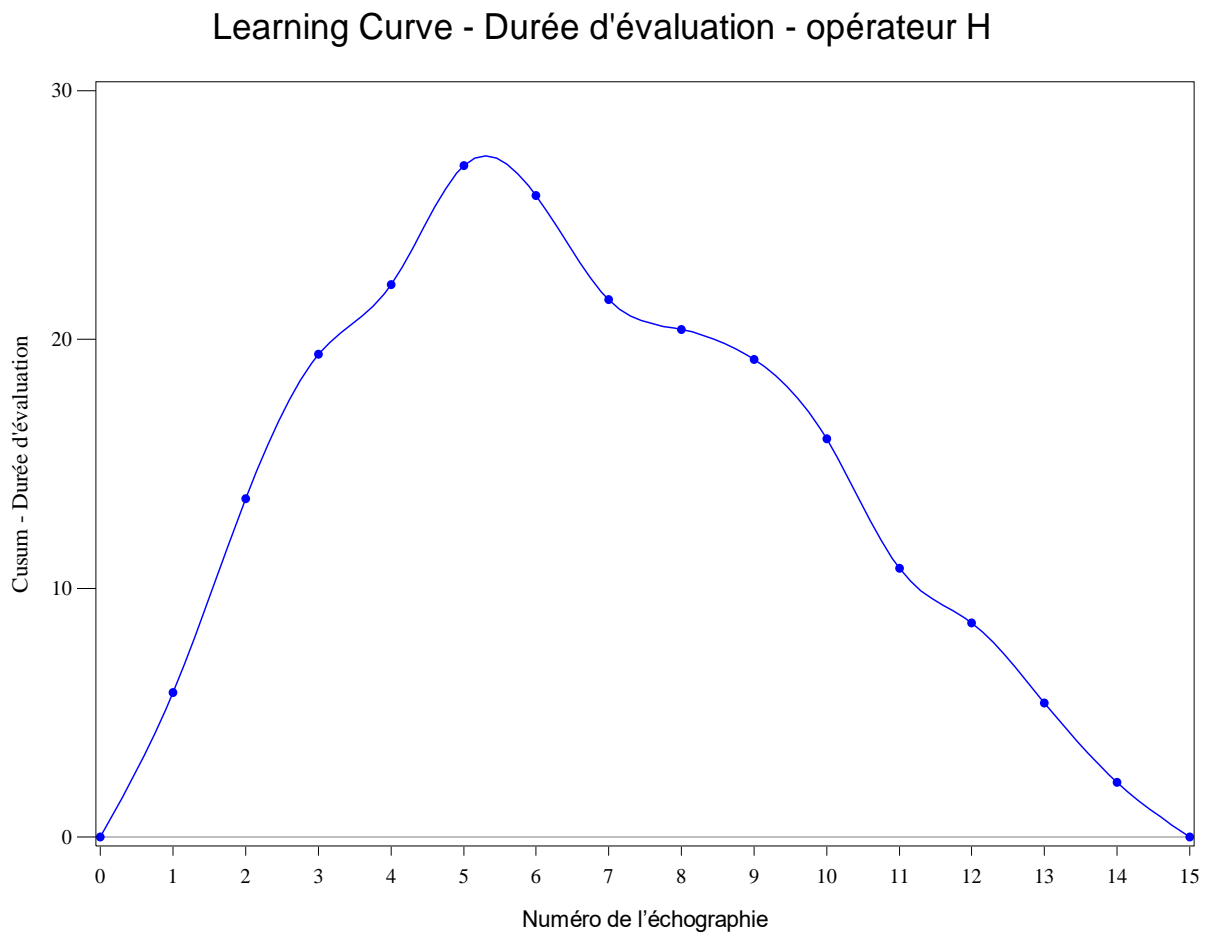
Pour l'opérateur G, cette amélioration de durée d'exécution apparaissait dès la 3^{ème} échographie (voir figure 12).

Figure 12 : courbe de durée de réalisation des échographies du participant G (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).



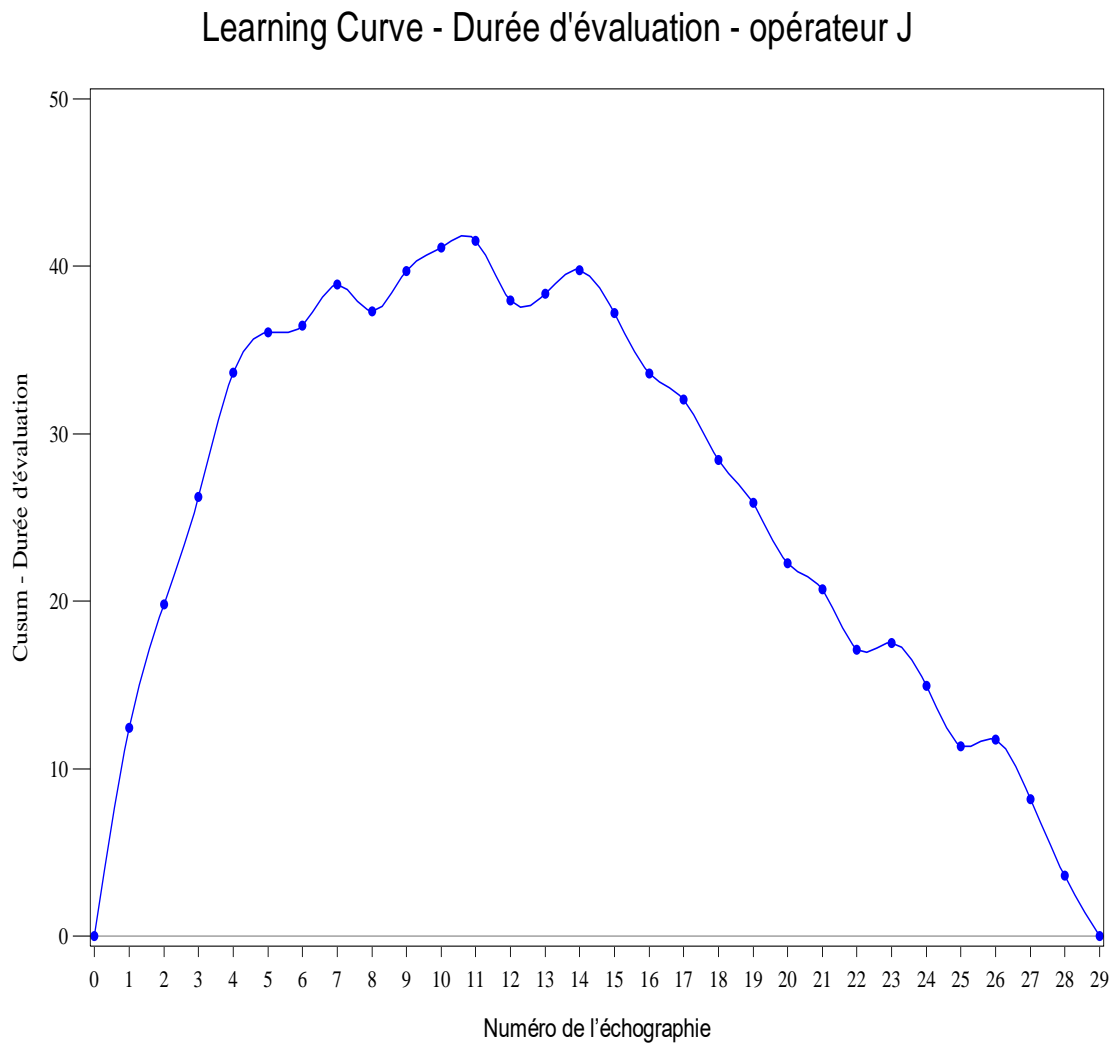
Pour l'opérateur H, cette tendance s'observait plutôt à partir de la 5^{ème} échographie (voir figure 13).

Figure 13 : courbe de durée de réalisation des échographies du participant H (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).



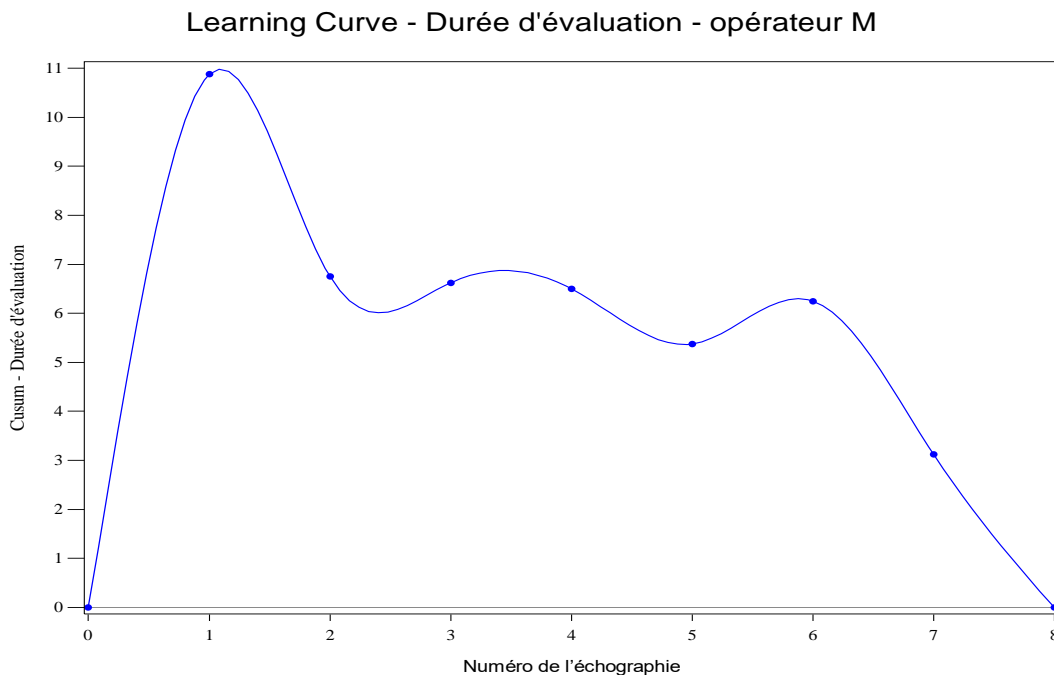
Par contre, pour l'opérateur J, la tendance à l'amélioration du temps de réalisation s'observait plus tardivement et se constatait plutôt à partir de la 14^{ème} échographie (voir figure 14).

Figure 14 : courbe de durée de réalisation des échographies du participant J (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).



Pour l'opérateur M, l'amélioration de la durée de réalisation se faisait dès la 2^{ème} échographie (voir figure 15).

Figure 15 : courbe de durée de réalisation des échographies du participant E (méthode CUSUM) avec le score CUSUM (en ordonnée) en fonction du numéro de l'échographie (en abscisse).



Globalement la tendance à la progression de la durée d'exécution s'effectuait de façon assez rapide (au maximum à partir de la 14^{ème} échographie mais plus tôt le plus souvent).

Quant à l'évaluation globale du temps d'exécution, on observait une amélioration significative du temps d'exécution à chaque échographie réalisée. En effet à chaque fois que l'opérateur augmentait d'une unité son « expérience » le temps moyen d'acquisition des images diminuait de 0.44 minutes ($p < 0.0001$) (voir tableau N° 5).

Nombre d'échographies totales	Temps de réalisation moyen des échographies (+/- écart-type)	Temps d'amélioration par échographie réalisée (+/- écart-type)	p
84	12,4083 (+/- 0.8783)	0,4406 (+/-0.07292)	<0.0001

Tableau N°5:évolution du temps d'exécution par échographie.

Cette tendance était toujours présente quand on retirait les échographies non validées de l'analyse. Le temps d'exécution s'améliorait de 0.36 minutes à chaque échographie réalisée (p<0.0001) (voir tableau N°6).

Nombre d'échographies totales	Temps de réalisation moyen des échographies (+/- écart-type)	Temps d'amélioration par échographie réalisée (+/-écart-type)	p
69	11,5693(+/-0.8558)	0,3612(+/-0 .07659)	<0.0001

Tableau N°6 : évolution du temps d'exécution en fonction du numéro de l'échographie.

Evaluation de l'interprétation des images échographiques des opérateurs novices par rapport à l'expert

En ce qui concernait l'interprétation des images, on constatait que l'interprétation par les opérateurs novices des images pleuro-pulmonaires correspondait à 100% par rapport à celle de l'expert que ce soit à gauche ou à droite, on observait un taux de correspondance à 1.0000 (IC95% [1.0000 :1.0000] (voir tableaux 7 et 8).

Tableau 7:Tableau de comparaison des interprétations des lignes pleurales des novices par rapport à celles de l'expert pour les lignes à droite :

LIGNES	LIGNESND*(%)	LIGNESED**(%)
A	73(86,90)	73(86,90)
B	11(13,10)	11(13,10)

*LIGNESND : interprétation des lignes pleurales par les novices à droite.

**LIGNESED :interprétation des lignes pleurales par l'expert à droite.

Tableau 8: Tableau de comparaison des interprétations des lignes pleurales des novices par rapport à celles de l'expert pour les lignes à gauche :

LIGNES	LIGNESNG*(%)	LIGNESEG**(%)
A	71(84,52)	71(84,52)
B	13(15,48)	13(15,48)

*LIGNESNG : interprétation des lignes pleurales par les novices à gauche.

**LIGNESEG : interprétation des lignes pleurales par l'expert à gauche.

En revanche, on constatait beaucoup d'erreur quant à l'interprétation des profils mitraux. Le taux de correspondance était faible à 0.7500 (IC95% [0.6084 :0.8916] (Voir tableau 9).

PROFILS mitraux	PROFILN*(%)	PROFILE**(%)
Normal	45 (53,57)	34 (40,47)
Trouble relaxation	18 (21,42)	19 (22,61)
Trouble restrictif	19 (22,61)	13 (15,47)
Ne sait pas	2 (2,38)	
Ininterprétable		18 (21,42)

Tableau 9 : interprétations des profils mitraux par les novices et l'expert.

*PROFILN : interprétation des profils mitraux par les novices.

**PROFILE : interprétation des profils mitraux par l'expert.

Vingt et un pour cent des données (dix huit échographies) ont été considéré comme manquantes dans le pourcentage de concordance au niveau de l'interprétation par rapport à celle de l'expert (certains profils ont été cotés 0 malgré l'obtention de l'information car interprétés par les opérateurs comme « je ne sais pas » ou parce qu'ils étaient considérés par l'expert comme ininterprétables).

Les données des examens écrits étaient en concordance avec les interprétations des échographies, à savoir que les opérateurs ont rencontrées des difficultés dans l'interprétation des profils mitraux.

Ressenti des opérateurs novices

Tout d'abord, étant donné que tous les participants ne sont pas destinés à un service d'urgence ou de réanimation, ils n'ont pas tous considérés utile leur formation échographique dans leur pratique quotidienne, mais en admettant que cela pouvait être utile lors des gardes durant leur internat.

Ensuite, tous ont considéré comme suffisant, la formation théorique au début de l'étude accompagnée d'un document écrit consultable à tout moment. Mais, en ce qui concerne la pratique, ils ont tous considéré comme trop courte car peut d'occasion de pratiquer la méthode demandée par faute de temps. Ils ont par contre tous eu l'impression de progresser lorsqu'ils pratiquaient les échographies au moins une fois par semaine et l'impression d'avoir trop oublié quand ils pratiquaient avec des délais plus espacés.

Ils ont tous eu l'impression d'être rapidement à l'aise avec l'échographie pleuro-pulmonaire demandée après leurs échographies, par contre, en ce qui concerne les profils mitraux, ils ont

tous exprimé ne pas être à l'aise et ne pas avoir pratiqué assez d'échographies pour permettre de maîtriser l'obtention des profils mitraux.

Tous ont considéré que le plus difficile pour eux était d'obtenir une image cardiaque en 4 cavités correcte et encore plus, d'aligner le tir doppler avec l'apex du ventricule gauche, et que le nombre d'échographies insuffisantes effectuées ne leur avait pas permis d'être à l'aise avec cette partie de la méthode.

Tous ont considéré que l'apprentissage de la première partie de la méthode READ (échographie pleuro-pulmonaire) était faisable par une formation courte tant sur le plan théorique que pratique. Par contre, ils l'ont tous considéré comme très difficile et non réalisable pour l'obtention des profils mitraux.

Discussion

Cette étude montre que les connaissances théoriques obtenues par une formation courte couplée à un document écrit pouvant être consulté par les opérateurs (fait de façon quasi systématique à chaque échographie) suffisent à maintenir voire à faire progresser les opérateurs novices dans leur interprétation des images échographiques nécessaires pour le protocole READ que ce soit utile ou non pour leur pratique quotidienne quelque soit leur spécialité, surtout pour l'interprétation des images pleuro-pulmonaires. En effet, sur le plan de l'interprétation théorique, les opérateurs novices ont présenté un taux de réussite important aux deuxième et troisième questionnaires sur l'échographie pulmonaire et ont réussi à interpréter de façon correcte toutes les images obtenues. La formation courte semble suffisante sur ce point.

Cette étude appelle plusieurs remarques méthodologiques.

Tout d'abord, pour l'évaluation théorique, les tests sous formes de questionnaires comportaient, pour la plupart des questions, des QCM ce qui ne permet pas d'éliminer une part de hasard dans le choix des réponses des participants, malgré un choix possible du « je ne sais pas ». Cependant, les réponses correctes au premier questionnaire, le restaient sur les suivants.

Ensuite, les questionnaires étaient identiques d'une évaluation à l'autre, ce qui peut expliquer la progression importante lors des tests successifs. En faire un différent aurait engendré un problème de reproductibilité et le dernier test était suffisamment éloigné des deux premiers

pour constater malgré tout un maintien des connaissances voire une persistance de la progression sur les connaissances théoriques.

En ce qui concerne la pratique, plusieurs participants ont considéré utile l'utilisation de l'échographie dans leur pratique quotidienne et dans leur formation mais n'ont effectué aucune échographie READ dans le cadre de l'étude. La raison principale évoquée était le manque de temps à consacrer à la réalisation des images échographiques surtout lors de la période hivernale. Il aurait été intéressant de dédier une journée voire une demi-journée par semaine pour les étudiants, afin qu'ils ne puissent se consacrer qu'à la réalisation des échographies pendant ce créneau, surtout dans le service des urgences, et accélérer la progression d'apprentissage.

Les analyses statistiques ont été effectuées individuellement car le nombre d'échographies réalisées par les opérateurs était trop hétérogène et peu nombreux, hormis pour l'opérateur J. Ceci n'était pas en rapport avec la spécialité des opérateurs.

On remarque une courbe de progression assez hétérogène selon les candidats mais cette étude montre que la courbe d'apprentissage de la méthode échographique selon le protocole READ est assez rapide car ceux ayant réalisé un nombre autour de 7, 8 échographies en réalisent beaucoup avec succès.

Il semblerait que la réalisation d'au moins 14 échographies READ pourrait permettre la réalisation d'échographie rentrant dans les critères qualités de l'étude (ce qui n'est pas réalisable en ce qui concerne l'interprétation). Ce chiffre est beaucoup moins important que celui retrouvé dans la littérature. Dans leur article, F.Adret et al parlait de 50 examens à réaliser pour maîtriser la FAST-Echo [7] (comporte l'échographie pleurale mais aussi abdominale). Ce chiffre variait de 15 à 20 selon Ma.OJ et al [18]. Dans certaines études, notamment celle de David J.Blehar,MD, Bruce Barton et al, le nombre d'échographies

nécessaires pour acquérir les méthodes sont plutôt de 25 à 50 selon les cibles[6]. Les chiffres plus bas dans notre étude peuvent s'expliquer par le fait que le protocole de celle-ci n'englobait qu'une petite partie de l'échographie cardiaque et seulement l'échographie pleuro-pulmonaire. En effet, les compétences demandées ne reposaient que sur la réalisation d'un profil mitral et ne demandaient pas une compétence sur les autres paramètres de l'échographie cardiaque ni sur d'autres coupes cardiaques.

En ce qui concernait l'échographie pleuro-pulmonaire, l'acquisition des compétences pratiques à elle seule semblait extrêmement rapide mais l'étude ne s'est portée que sur l'acquisition de la méthode globale et pas seulement sur le versant pulmonaire.

Cependant il semblerait que la formation devrait s'axer de façon plus importante sur la réalisation de la recherche de la coupe cardiaque 4 cavités et l'alignement du tir doppler avec l'apex du VG car c'est sur ce point que les opérateurs ont rencontré le plus de difficultés. Ceci est d'autant plus important que ce sont les paramètres qualités essentiels au vu de leur caractère non validant d'office même si le candidat obtenait un score qualité satisfaisant.

Cette difficulté qu'ont rencontrée les opérateurs à se former pour ces deux critères peut, en partie s'expliquer, sur un plan pratique, notamment par la position peu adéquate des patients rencontrés aux urgences. En effet, les patients n'étant pas ou peu mobilisables à leur arrivée dans le service, les échographies ont été majoritairement réalisées en décubitus dorsal et non en décubitus latéral gauche ce qui aurait pu optimiser la qualité des images pour les profils mitraux.

Toutes les images obtenues ont été interprétées par l'expert à la fin de l'étude mais certains critères qualités qui n'ont pas été respectés auraient été facilement rectifiables par un rappel intermédiaire des règles ou la mise en place d'une check liste avant la réalisation des images, notamment en ce qui concerne la profondeur de l'image de 5 à 10 centimètres, pour

l'échographie pleuro-pulmonaire et le branchement de l'ECG en continu, pour l'échographie cardiaque.

En ce qui concerne le critère secondaire, la méthode demandée aux opérateurs était légèrement simplifiée en ne demandant que les images dans les quadrants antéro-supérieurs (par soucis d'économie de temps). Cependant la méthode restait la même pour les autres quadrants et n'impactait donc pas l'apprentissage final. Le temps d'exécution était significativement amélioré à la fin de l'étude et ce, en ne prenant compte que les échographies validées par l'expert. Notre étude a donc montré que la formation courte mis en place a suffi à faire progresser le temps d'exécution du protocole READ sur des patients novices. C'est ce que l'on retrouve dans la littérature, le temps d'exécution notamment des échographies pulmonaires semblent s'améliorer rapidement, N.Cazes et al trouvait d'ailleurs une diminution du temps médian de réalisation des échographies pour toutes les cibles et certaines cibles semblaient faciles d'acquisition pour les étudiants notamment la plèvre, avec de très bonne performance après 10 échographies sur sujets sains[5].

Conclusion

Nous avons dans ce travail testé un programme court de formation de bases théoriques et de pratique auprès d'opérateurs novices n'ayant pas de formation échographique au départ, pour la réalisation d'un protocole dans le cadre de l'étude READ.

Cette étude nécessite d'être approfondie, en augmentant le nombre d'échographies réalisées notamment, par exemple, en imposant la réalisation de ce protocole au moins une fois par semaine sur une plage horaire dédiée uniquement à la réalisation du protocole READ afin de pouvoir.

Il semble que l'acquisition des compétences de la première partie de ce protocole (échographie pleuro-pulmonaire) soit rapide aussi bien en termes de compétences théoriques que pratiques. Par contre l'acquisition des compétences de la deuxième partie du protocole (profil mitral) semble plus difficile pour des opérateurs novices surtout sur le plan théorique (interprétation des profils mitraux). Les opérateurs n'ont pas réalisé assez d'échographies pour acquérir les compétences nécessaires en ce qui concerne les profils mitraux et la formation théorique semble trop courte pour permettre aux novices, une interprétation efficace des images obtenues. Même si l'interprétation du profil mitral semble difficile après une formation courte, l'acquisition des images semble plus facilement être obtenue et ceci laisse la perspective de pouvoir former des opérateurs dédiés uniquement à l'acquisition des images qui seront, elles, interprétées plus tard par un opérateur expérimenté.

Annexes

Annexe 1 : cours aux opérateurs

1 : Echographie pleurale (Selon la méthode décrite par Volpicelli et al.).

- Utilisation de la sonde abdominale.
- Sur un patient en décubitus dorsal ou semi-assis.

La paroi thoracique est divisée en 8 zones (2 antérieures et 2 latérales par côté). La paroi antérieure est délimitée du sternum à la ligne axillaire antérieure et est subdivisée en supérieure et inférieure (approximativement de la clavicule au deuxième espace intercostal et du troisième espace intercostal au diaphragme). La zone latérale est délimitée de la ligne axillaire antérieure à postérieure et subdivisée en supérieure et inférieure (*voir figure A*)

Les images échographiques sont acquises sur les 8 zones (pour l'étude nous n'en prendrons que 2, arbitrairement les zones 2 et 5).

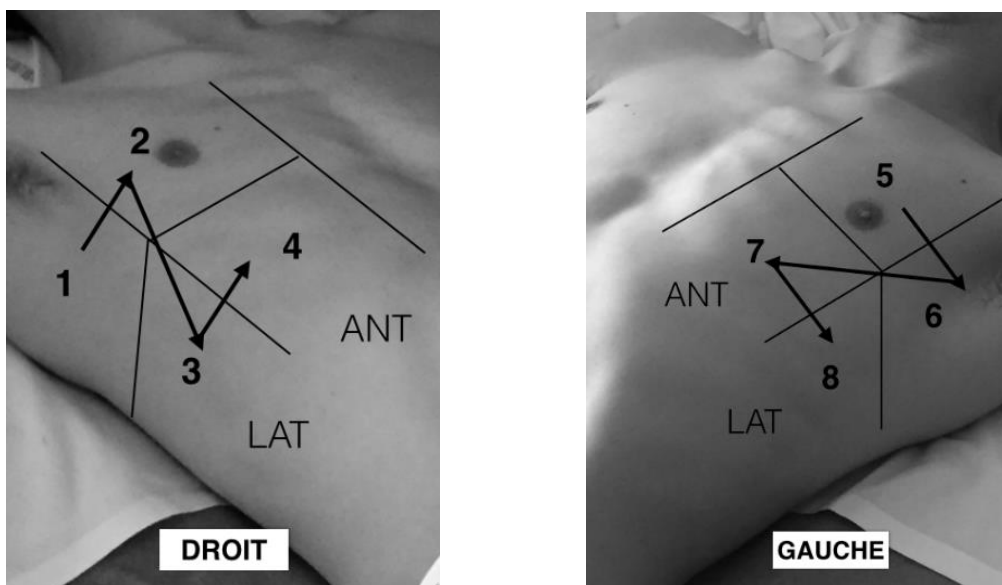


Figure A : représente les différents champs pulmonaires.

L'échographie pleuro-pulmonaire en général :

- La ligne pleurale est un repère basique matérialisant l'interface entre tissus pariétaux et air sous-jacent. Elle se trouve à environ 0,5 cm en retrait de la ligne des côtes. Elle est hyperéchogène.
- Les lignes A correspondent à la répétition de la ligne pleurale à distance égale (correspondant à l'épaisseur de l'interface pleuro-pulmonaire)(voir figure B).

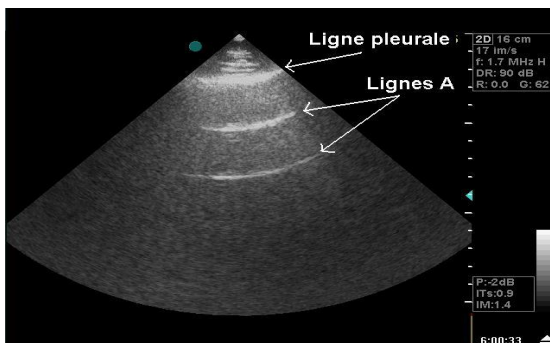


Figure B : image échographique représentant la ligne pleurale et les lignes A.

- Le signe dynamique essentiel est le glissement pleural. Il s'agit d'un glissement horizontal relatif entre les deux feuillets pariétal et viscéral rythmé par la ventilation. Il est objectivable au moyen du mode temps-mouvement. En mode temps-mouvement, au-dessus de la ligne pleurale, l'immobilité des tissus pariétaux génère des lignes horizontales. Au-dessous, le glissement pleural génère un aspect granité (signe du « bord de mer ») (voir figure C).

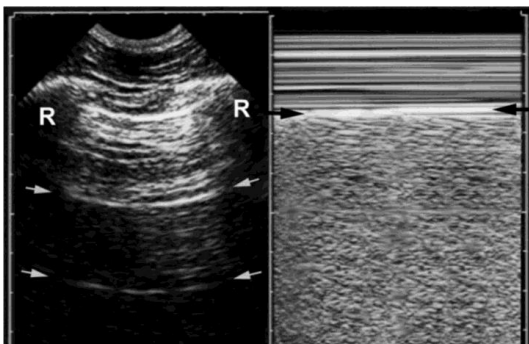


Figure C : Aspect du « bord de mer », aspect normal.

- L'abolition du glissement pleural génère le signe de la « stratosphère » en mode temps-mouvement, vu notamment dans le pneumothorax (voir figure D).

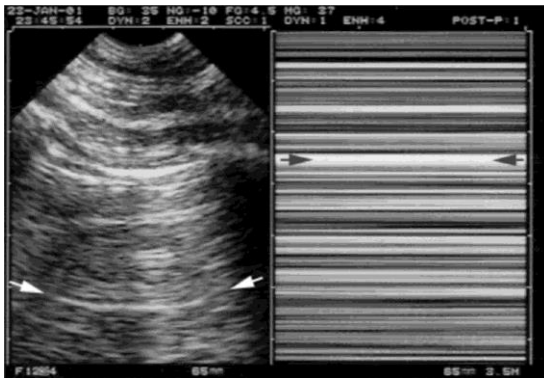


Figure D : signe de la « stratosphère » ou « code barre », vu dans le pneumothorax.

- Les lignes B : « queues de comètes », lignes transversales, issues de la ligne pleurale, traversant toute la fenêtre échographique sans être arrêtées par aucune structure. Elles sont normales en postérieur chez 28% des sujets alités.

Elles sont plutôt signe d'œdème pulmonaire quand elles sont fines et bien délimitées, et espacées de 6-7 mm au moins.

Elles sont plutôt signe de fibrose pulmonaire quand elles sont plus grossières et séparées de moins de 7 mm (voir figure E) [19],[20],[21],[22],[23].

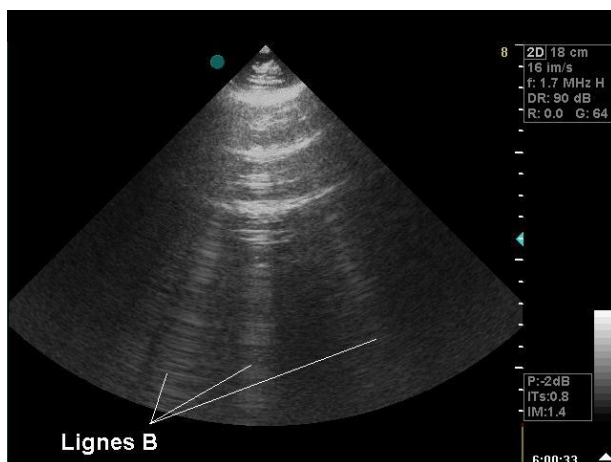


Figure E : Lignes B en « queues de comètes ».

2 : Echographie cardiaque : Obtention du flux transmitral.

- Chez un patient en décubitus dorsal ou semi-assis (si possible en décubitus latéral gauche),
- Utilisation de la sonde phase array(sonde cardiaque),
- Sonde à placer au niveau de la fenêtre apicale. La coupe à obtenir est la « 4 cavités » (voir figure F).

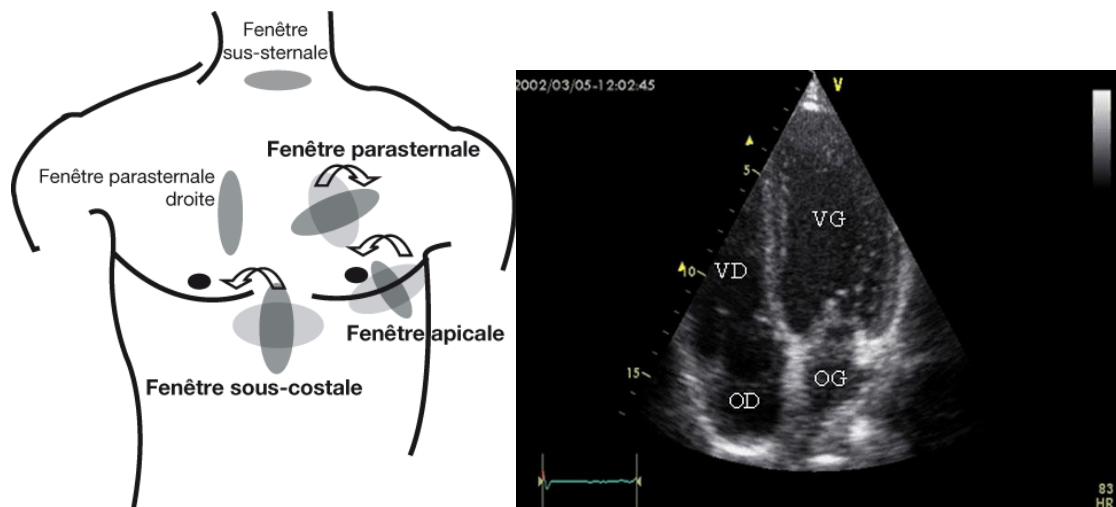


Figure F : Fenêtre apical en sous mamelonnaire gauche. Coupe 4 cavités.

- l'ECG doit être branché en continu,
- Le doppler pulsé doit être placé au niveau de la valve mitrale, aux extrémités des valves au moment de l'ouverture avec réglage des filtres au minimum permettant la visualisation de ce flux avec une bonne définition de la totalité des contours. On enregistre ainsi un flux positif diastolique en forme de « M » avec une première onde E qui correspond au remplissage précoce, passif du ventricule gauche, et une deuxième onde A, habituellement moins ample, qui se produit tard en diastole et qui correspond au remplissage ventriculaire tardif et actif par contraction de l'oreillette (voir figure G).

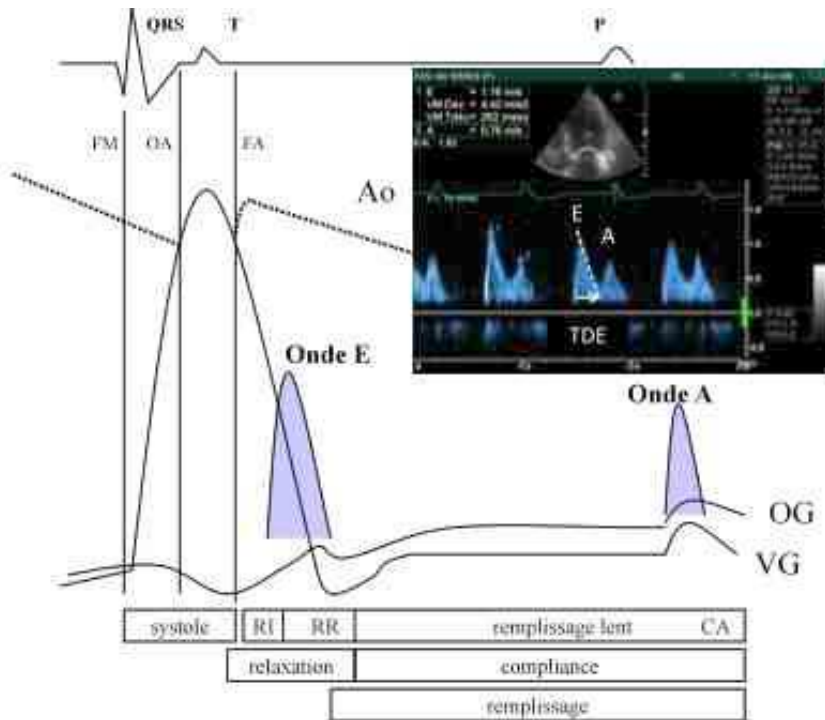


Figure G : représentation du flux transmitral normal et image à obtenir en échographie.

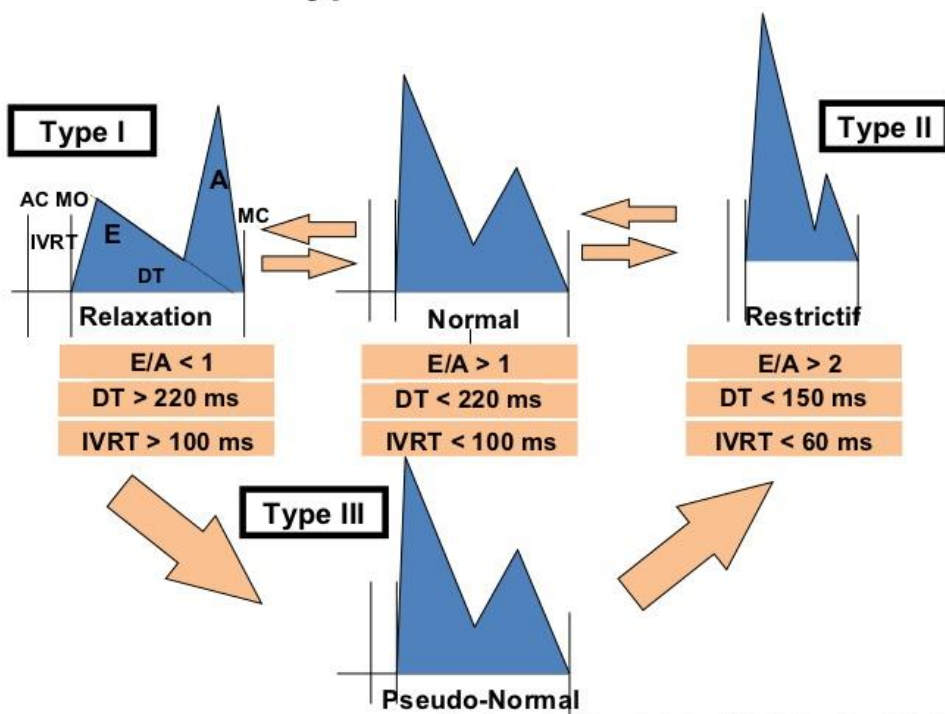
Sur un plan hémodynamique, ce type de profil biphasique correspond au gradient de pression physiologique retrouvé entre l'oreillette gauche et le ventricule gauche en proto et télédiastolique[24].

Il faut mesurer :

- les vitesses des ondes E et A
- puis le temps de décélération de l'onde E, du sommet de l'onde E au point où la courbe croise la ligne zéro.

On obtient différents flux transmitraux (*voir figure H*).

Différents types de flux transmitral



Appleton C. J Am Coll Cardiol 1988 ; 12 : 426-40

Figure H : Les différents flux transmitraux et leur interprétation.

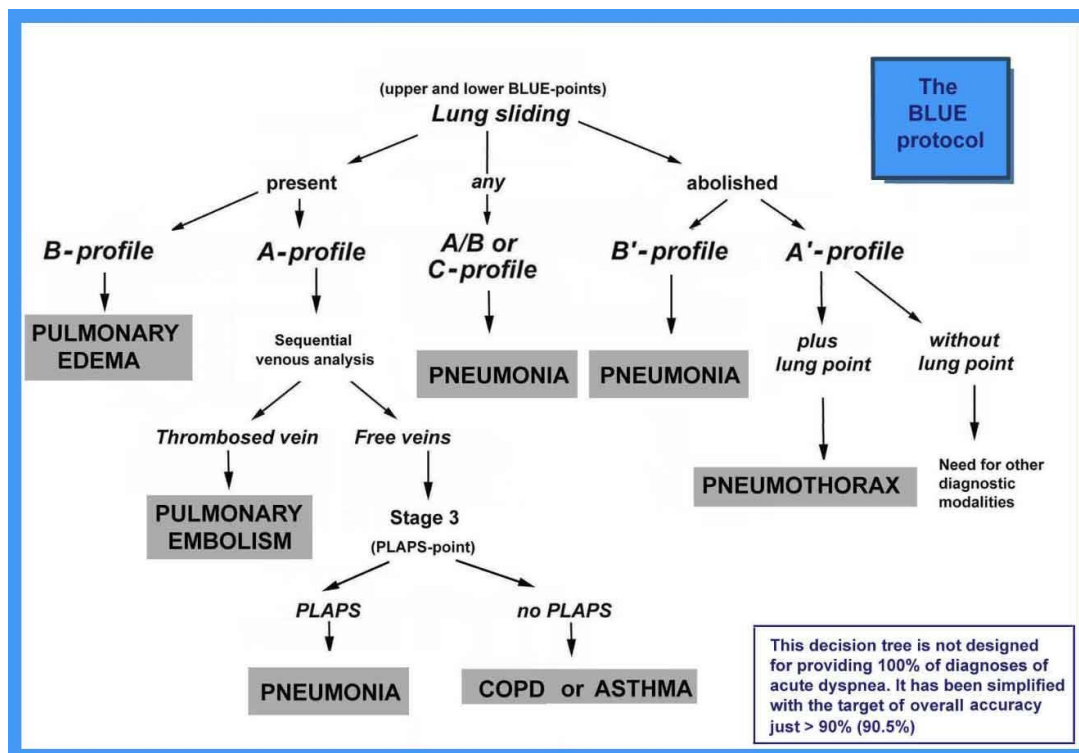


Figure H :le BLUE protocol.[25]

3 : Critères qualité des échographies du protocole READ :

14 critères de qualité ont été établis : 6 critères en échographie pleuro-pulmonaire réalisée suivant la méthode décrite par Volpicelli et al[14], et 8 critères en profil mitral exposés ci-dessous dans le tableau A.

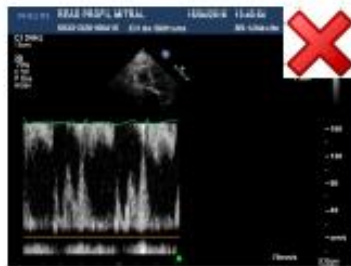
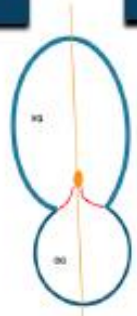
	Echographie pleuro-pulmonaire		Profil Mitral
QL1	Sonde abdominale	QL7	Sonde phase array
QL2	Image native (non harmonique)	QL8	ECG branché en continu
QL3	Sonde perpendiculaire aux côtes	QL9	Doppler pulsé
QL4	Image homogène (éviter trop/pas assez de saturation)	QL10	Fenêtre apicale 4 cavités
QL5	Profondeur entre 5 et 10 cm	QL11	Tir doppler passant par l'apex du VG
QL6	Image centrée	QL12	Echantillon de mesure à l'extrémité des feuillets mitraux
		QL13	Image spectrale nette (enveloppe bien définie)
		QL14	Qualité des mesures effectuées

Tableau A : critères qualités de l'étude READ[17].

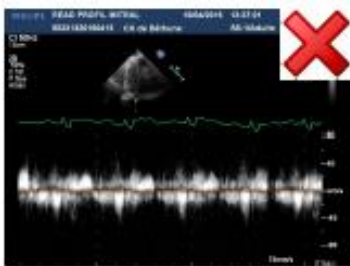
PROFIL MITRAL

- 1) Sonde phase array
- 2) Identification patient : READ 01 002 DM
- 3) ECG branché en continu
- 4) Fenêtre apicale 4 cavités
- 5) Tir doppler passant par apex VG
- 6) Echantillon de mesure à extrémités des feuillets mitraux
- 7) Gains et filtres au minimum
- 8) Obtenir image spectrale la plus nette possible

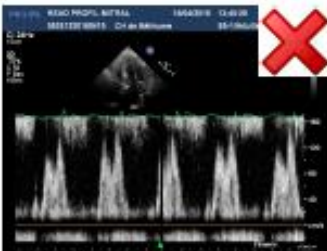
- MESURES**
- 1) Bord externe image spectrale +++
 - 2) Sur un seul et même cycle
 - 3) Mesures vitesses A, E et TDE
 - 4) Aquisition image avec résultats



Tir ne passe pas par apex VG



Profil non interprétable



Enveloppe spectrale mal définie



Tir passant par apex
ECG branché
Enveloppe spectrale bien définie
Mesures sur bord externe

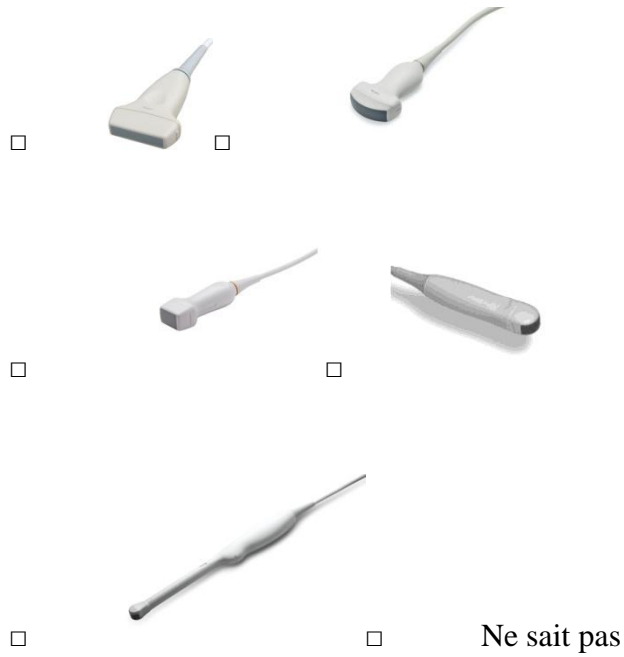
Annexe 3 : Evaluation théorique

Questionnaire de compétence :

Lettre Opérateur :

Echographie cardiaque :

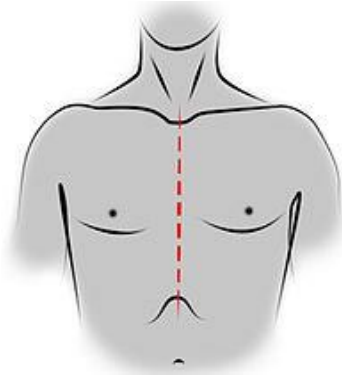
1) Quelle sonde utilise t'on pour l'échographie cardiaque ? :



2) Dessinez et annotez une coupe « 4 cavités » en mode bidimensionnel (valves, oreillettes, ventricules) :

Ne sait pas

- 3) Où positionner la sonde échographique pour obtenir la coupe « 4 cavités » (faire une croix à l'endroit souhaité) ?



Ne sait pas

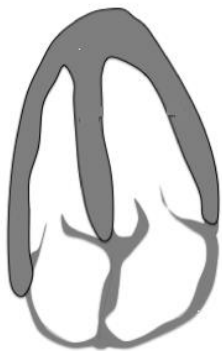
- 4) Quel type de doppler est utilisé pour le profil mitral ?

Doppler pulsé

Doppler continu

Ne sait pas

- 5) Où positionner le curseur du doppler pour obtenir un profil mitral correct ?

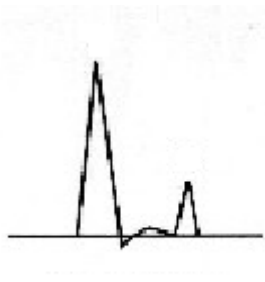


Ne sait pas

- 6) Dessinez et annotez un profil mitral normal en doppler:

Ne sait pas






7) ce profil mitral est 'il plutôt :



- un profil normal
- un profil de troubles de relaxation
- un profil restrictif
- je ne sais pas

Echographie pulmonaire

1) Quelle sonde utilisez- vous pour l'échographie pleuro-pulmonaire ?

- 
-  
-  
- Ne sait pas

2) Qu'est-ce qu'un glissement pleural ?

Avec quel mode l'objective-t-on ?

3) Annotez les images suivantes :

Image 1 :

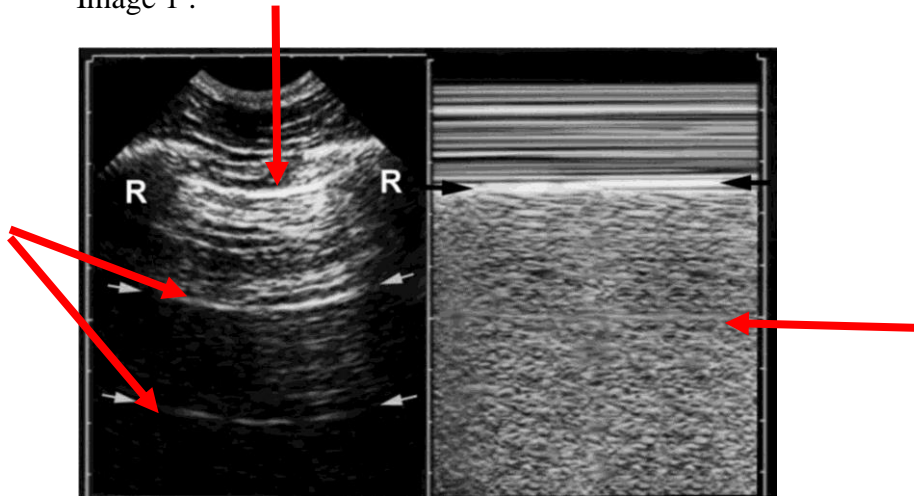


Image 2 :

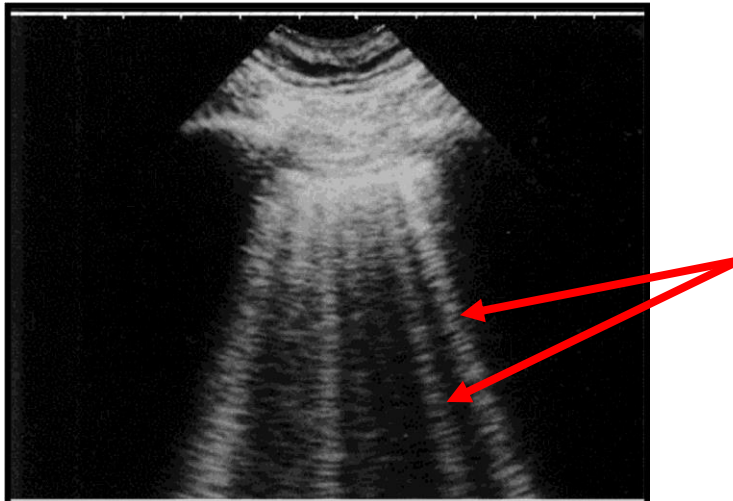


Image 3 :

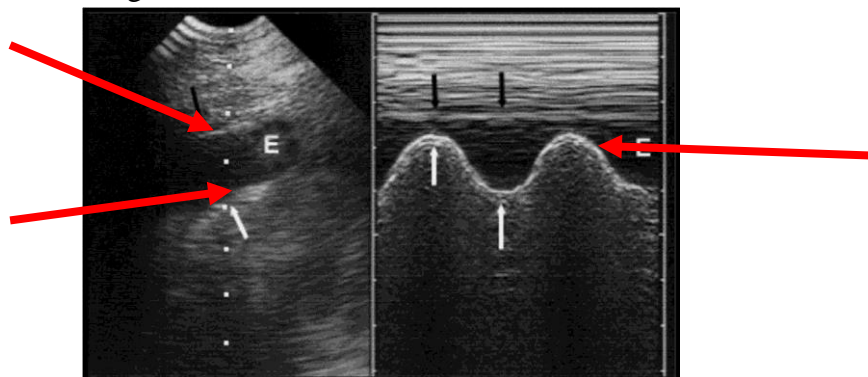
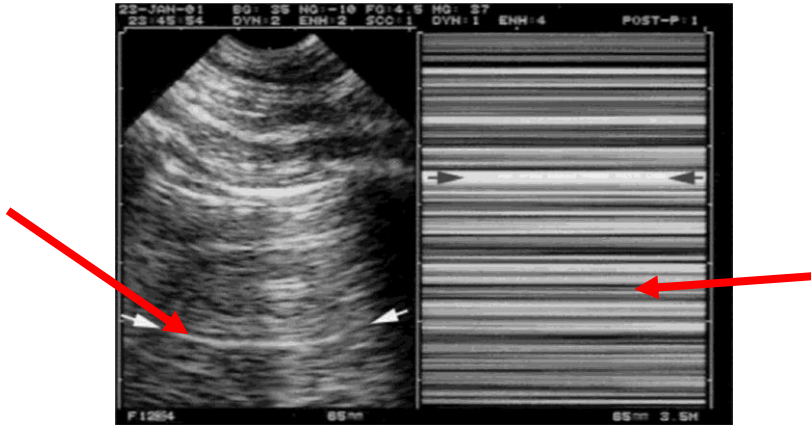


Image 4 :



(ou mettez « NSP » = ne sait pas)

- 4) A quelle image correspond :
- Un poumon normal ? :
 - Un pneumothorax ? :
 - Un épanchement pleuro-pulmonaire ? :
 - Un syndrome interstitiel ? :

Annexe 4 : Formulaire information patients

<p>Evaluation de la courbe d'apprentissage d'un protocole échographique (profil mitral et échographie pleuro-pulmonaire) dans le cadre de l'étude READ chez des opérateurs novices.</p>
--

Formulaire d'information aux patients

Madame, Monsieur,

Vous consultez aux urgences dans le cadre de difficultés respiratoires. Pour déterminer son origine, vous allez bénéficier d'une échographie pleuro-pulmonaire (pour regarder les poumons) et/ou d'une échographie cardiaque, ceci faisant partie de la démarche diagnostique. Il s'agit d'un examen complètement indolore.

Dans le cadre d'une étude, dans laquelle nous voulons évaluer la courbe de progression de l'apprentissage d'une méthode échographique, des internes sont susceptibles de répéter l'examen à des fins pédagogiques (il ne s'agit donc pas d'un autre examen). Ils enregistrent les images obtenues sur un support informatique de manière totalement anonyme (aucun élément enregistré ne permet de vous identifier, votre nom, âge, sexe... n'apparaîtront pas sur les images enregistrées). Votre participation est facultative. Si vous refusez, cela ne modifiera en rien votre prise en charge au sein du service. Les images recueillies seront conservées sauf opposition de votre part.

En vous remerciant par avance de la confiance que vous nous témoignez, nous restons à votre disposition.

J.Bacquet

(interne CH Béthune)

Bibliographie

- [1] A.Beltramini, E.Debuc, D.Pateron « Organisation des structures d'urgence » EMC-Médecine d'urgence. 2015 ;11(1) :1-9[Article25-210-A-05].
- [2] Premier niveau de compétence pour l'échographie clinique en médecine d'urgence. Recommandations de la Société française de médecine d'urgence par consensus formalisé.2016.
- [3] Nathalie Attard, Sonia Nouvellet « Intérêt de l'échographie dans l'évaluation de la volémie à la SAUV » (Présentation) Assistance Publique des Hôpitaux de Paris.
- [4]Lichtenstein D. Echographie pulmonaire en réanimation et aux urgences. Lung ultrasound in the critically ill. Réanimation 2008 ;17,722-730.
- [5]N.Cazes, Y.Geffroy, F.Desmots, M.Planchet, A.Puidupin, J.Leyral. Echographie de l'avant : quelle formation pour le médecin militaire : les résultats d'une étude prospective. 2012 ;41,1,73-84.
- [6]DavidJ.Blehar, MD, Bruce Barton, PhD, and RomoloJ.Gaspari, MD, PhD. Learning curves in emergency ultrasound education. Academic emergency medicine 2015, 22 :574-582.
- [7]F.Adnet, M.Galinski, F.Lapostolle. Echographie en traumatologie pour l'urgentiste : de l'enseignement à la pratique. Fast echography in the emergency setting. Réanimation 2004.Vol 13(8) ;465-470.
- [8]N.Cazes, F.Desmots, Y.Geffroy, A.Renard, J.Leyral, K.Chaumoître. Echographie en situation d'urgence : étude prospective sur la formation nécessaire et suffisante pour des médecins militaires. Journal de Radiologie diagnostique et interventionnelle.2013.Vol94(11) ;1113-1120.
- [9]Boisguérin B.,Valdelièvre H. Urgences : la moitié des patients restent moins de deux heures, hormis ceux maintenus en observation. Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques. Juillet 2014(889). Availablefrom <http://www.dress.sante.gouf.fr/IMG/pdf/er889.pdf>
- [10]Ray P., Birolleau. S., Lefort Y., Becquemin M-H, Beigelman C., Isnard R et al. Acute Respiratoryfailure in the elderly : étiology, emergency diagnosis and prognosis. Crit care.2006,10(3) :R82.
- [11]Mac Murray JJV, Adamopoulos S, Anker SP, Auricchio A, Bohm M et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronicheartfailure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association(HFA) of the ESC.2012 2 ;33(14) :803-869.

- [12] Schnam E. B-Type Natriurétic Peptide for diagnosis of heartfailure in emergency department patients : a critical appraisal. *Academy of emergency medicine* 2004 ;11(6) :686-691.
- [13] Bendagué P, Caffin P-Y, Barazer I, Vergnes C, Sedighiar S, Letrillard S et al. Use of N-Terminal prohormone brain natriurétic peptide assay for etiologic diagnosis of acute dyspnea in elderly patients. *Am Heart Journal* 2006 ;151(3) :690-698.
- [14] Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G et al. Bedside Lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *American Journal of emergency medicine* 2006 ; 24, 689-696.
- [15] A. Cohen, P. Guéret. *Manuel d'échocardiographie clinique*. 2012
- [16] Thèse O. Taheri: Validation et caractérisation des opérateurs échographistes dans le cadre de l'étude READ (Rapid echography for acute dyspnea) Juin 2016.
- [17] Mémoire M. Alglave : Etablissements de critères de qualités d'images en échographie thoracique dans le cadre de la recherche clinique: expérience à partir de l'étude READ. Octobre 2016.
- [18] Ma OJ, Ogata M, Kefor M, Wittmann D, Aprahamian C. Prospective analysis of a rapid trauma ultrasound examination performed by emergency physicians. *Journal of trauma* 1995 ;38 :879-885.
- [19] Lichtenstein D , Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis in mechanically ventilated patients ; *Intensive Care Med*. 1999 Sep;25(9):955-8.
- [20] Lichtenstein D , The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax , *Intensive Care Med*. 1999 Apr;25(4):383-8.
- [21] Lichtenstein D , The "lung point": an ultrasound sign specific to pneumothorax *Intensive Care Med*. 2000 Oct;26(10):1434-40
- [22] Lichtenstein D , The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome *Am J Respir Crit Care Med*. 1997 Nov;156(5):1640-6 .
- [23] Lichtenstein D, Apports de l'échographie pulmonaire dans le SDRA . *Ann Fr Anesth. Réanim*. 1998 ;186 : 17 suppl : 903 et *Réan. Urg*. 1997;6: 781.
- [24] S. Lafitte, M. Lafitte, P. Réant, R. Roudaut. *Echocardiographie - Doppler : Fonction Diastolique*. 2012
- [25] Lichtenstein D. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure. The BLUE-protocol. *Chest* 2008;134:117-125

AUTEUR : Nom :Bacquet

Prénom : Juliette

Date de Soutenance : le 13 décembre 2018 à 16h

Titre de la Thèse : Evaluation de la courbe d'apprentissage d'un protocole échographique (profil mitral et échographie pleuro-pulmonaire) dans le cadre de l'étude READ chez des opérateurs novices.

Thèse - Médecine - Lille 2018

Cadre de classement : médecine d'urgence

DES + spécialité : médecine générale DESC médecine d'urgence

Mots-clés : échographie pleuro-pulmonaire, profil mitral, courbe d'apprentissage.

Résumé : Contexte: La médecine d'urgence est confrontée à l'augmentation du nombre de consultations. Il est alors impératif de trouver des solutions pour diminuer le temps de passage des patients aux urgences. Dans ce contexte l'étude READ tente à démontrer qu'une méthode échographique couplant des images pleuro-pulmonaires et un profil mitral, serait plus efficace et plus rapide que les NTpro-BNP dans l'établissement d'une origine cardiaque chez les patients de plus de 75 ans se présentant aux urgences pour dyspnée. Pour appliquer cette méthode, il faut des opérateurs échographiques. Notre étude évalue la courbe d'apprentissage de cette méthode échographique chez des opérateurs novices après une formation courte.

Méthodes : De juin 2017 à avril 2018, des internes novices en terme de formation échographique, ont bénéficié d'une formation courte, théorique et pratique, sur l'échographie pleuro-pulmonaire et le profil mitral. Ces internes, de différentes spécialités (DESC-MU, médecine générale, anesthésie-réanimation), ont effectués des échographies sur des patients devant bénéficier de ces échographies dans le cadre de leur prise en charge, ils ont enregistré les images échographiques sur support USB de façon anonyme et interprété celles-ci. L'expert READ visualisait les images à la fin de l'étude et donnait à chacune d'elle une note sur 14 selon les critères qualités de l'étude READ et l'interprétation des images. Les courbes d'apprentissage de chaque interne était donc établit et la qualité de l'interprétation évaluait. Le temps d'exécution était également mesurait.

Résultats : 7 internes sur les 12 inclus ont effectué un nombre hétérogène d'échographies. Les courbes d'apprentissage obtenues étaient disparates compte tenu du nombre différent d'échographies effectué. Deux opérateurs n'ont connu que des succès mais sur un nombre faible d'échographie. L'opérateur B obtenait une progression d'apprentissage significative à partir de la 7^{ème} échographie, l'opérateur J à partir de la 14^{ème}. Quant au temps d'exécution, on observait une amélioration de 0.36 minutes du temps d'exécution ($p < 0.0001$) à chaque échographie réalisée. En ce qui concerne l'interprétation des images, celle-ci coïncidait à 100% avec celle de l'expert (1.000 ,IC95% [1.000 :1.000]). En revanche, on relève un taux de réussite beaucoup moins important de 75% en ce qui concerne l'interprétation du profil mitral (0,75 , IC95%[0.6084 :0.8916]).

Conclusion : La méthode READ semble pouvoir s'acquérir rapidement par des opérateurs novices après 14 échographies sur le plan pratique mais le nombre d'échographie par opérateur reste insuffisant pour affirmer ce chiffre. Par contre, la durée d'exécution s'améliore rapidement. En ce qui concerne l'interprétation des échographies, la formation courte semble suffisante pour l'échographie pleuro-pulmonaire mais ne l'est pas pour acquérir les compétences nécessaires dans l'interprétation du profil mitral.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur EricWiel

Asseseurs : Monsieur le Professeur Gilles Lemesle

Monsieur le MCU-PH Jean-Marie Renard

Monsieur le Docteur Alain-EricDubart

