



Année 2016/2017

N°

Thèse

Pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'État

par

Pascale CHEMALY

Née le 3 août 1987 à Anthélias au LIBAN (99)

Validation d'un programme d'autoformation en échoscopie cardiaque sur mannequin de simulation

Présentée et soutenue publiquement le 25 octobre 2017 devant un jury composé de :

Président du Jury : Professeur Dominique BABUTY, Cardiologie, Faculté de Médecine – Tours

Membres du Jury :

Professeur Denis ANGOULVANT, Cardiologie, Faculté de Médecine - Tours

Professeur Francis REMERAND, Anesthésiologie et réanimation, médecine d'urgence, Faculté de Médecine - Tours

Professeur Anne BERNARD, Cardiologie, Faculté de Médecine - Tours

Résumé

Validation d'un programme d'autoformation en échoscopie cardiaque sur mannequin de simulation

Introduction : L'échoscopie cardiaque permet une évaluation rapide de la fonction cardiaque en situation d'urgence. La formation des médecins utilisant cette technique d'imagerie est primordiale.

L'objectif de cette étude était de valider un programme d'autoformation cardiaque combinant du E-learning et de la manipulation sur mannequin de simulation.

Méthodes : Sur la base du volontariat, 27 étudiants (internes de cardiologie de premier semestre, internes ou assistants spécialistes de médecine d'urgence ou d'anesthésie réanimation) n'ayant jamais bénéficié de formation en échocardiographie, ont participé à ce programme. Il comportait une partie théorique avec du E-learning et manipulation sur mannequin de simulation pour une durée de 6 heures, une partie pratique en situation réelle sur patient, et une partie en auto-formation à l'interprétation en différé sur une plateforme de E-learning appelée Evalbox. Une évaluation était réalisée à la fin de la formation théorique et de la formation pratique par un sénior en échocardiographie. Elle consistait en l'acquisition chronométrée des 5 coupes de référence en échoscopie cardiaque : chaque coupe était ensuite évaluée selon 5 critères de qualité sur une note de 1 à 5/5. Une évaluation finale d'interprétation de 25 boucles d'échoscopie cardiaque permettait l'obtention d'une note sur 20. Un questionnaire de satisfaction était envoyé aux étudiants à la fin de la formation.

Résultats : Parmi les 27 étudiants ayant terminé la formation sur mannequin de simulation, tous ont obtenu les cinq coupes de référence. Après la formation pratique, un étudiant n'avait pas trouvé la coupe parasternale petit axe, un n'avait pas la coupe apicale des deux cavités, et deux ne trouvaient pas la coupe sous costale. La note moyenne obtenue pour la réalisation de la coupe sous costale était de 4,3 après la formation théorique, contre 4,2 après la formation pratique. Il fallait en moyenne 30 ± 18 secondes pour obtenir cette coupe après la formation théorique contre 93 ± 60 secondes après la formation pratique ($p = 0,001$).

En conclusion, ce programme d'autoformation montre des résultats très satisfaisants, notamment grâce à l'utilisation du mannequin de simulation qui permet à l'étudiant une mise en confiance rapide. L'acquisition des coupes de référence de qualité, dans un temps limité est un point essentiel de la formation en échoscopie cardiaque, autant que l'apprentissage à l'interprétation différée des boucles échocardiographiques.

Mots clés : *Auto-formation, mannequin de simulation, échoscopie cardiaque, E-learning, échocardiographie, échoscope de poche*

Abstract

Validation of a self-directed learning program in Focused Cardiac Ultrasound using simulation manikin

Background: Focused Cardiac Ultrasound allows fast assessment of cardiac function in emergency situations. Training medical professionals using this imagery is primordial.

Purpose: The aim of this study was to validate a self-directed learning program in Focused Cardiac ultrasound (-FoCUS) by mixing e-learning and simulation on manikin.

Methods: On a voluntary basis, 27 students (first semester cardiologist residents, emergency medicine residents and post graduated physicians, anesthesiologist residents) with no previous echocardiography experience, were enrolled in this self-directed learning program. The program consisted of a theoretical part mixing e-learning and simulation on manikin, for 6 hours, a practical part in a clinical in vivo setting, and a self-directed deferred interpretation on an e-learning platform. A test was held by an expert in echocardiography, after the theoretical and the practical part of the program. Time to obtain each of the five referenced views in FoCUS was reported: each view was graded according to five quality criteria scored from 1 to 5/5. A final test was performed and consisted in an evaluation of the interpretation of 25 loops, scored on 20. A satisfaction questionnaire was sent to all participants at the end of the program.

Results: All of the 27 students were able to acquire the five FoCUS referenced view on manikin. After hands-on training, one student did not get parasternal short axis view, one did not get an apical 2-chamber view, and two did not obtain subcostal 4-chamber view. The mean score for the subcostal 4-chambers view after the theoretical part was 4.3, and the mean score after practical hands-on training was 4.2. The time required to obtain this view after the theoretical part was 30 ± 18 seconds, versus 93 ± 60 seconds after in vivo clinical part of the program ($p=0,001$).

Conclusion: This self-directed learning program provided encouraging results notably because of the use of simulation on manikin, providing benefits such as self-confidence. Acquiring good quality referenced view, in a short delay, is primordial in FoCUS, as much as deferred interpretation of echocardiography loop.

Keywords: *Self-directed learning program, simulation manikin, Focused Cardiac Assesement, E-learning, echocardiography, pocket echography*

UNIVERSITE FRANCOIS RABELAIS

FACULTE DE MEDECINE DE TOURS DOYEN

Pr. Patrice DIOT VICE-DOYEN

Pr. Henri MARRET

ASSESEURS

Pr. Denis ANGOULVANT, *Pédagogie*

Pr. Mathias BUCHLER, *Relations internationales*

Pr. Hubert LARDY, *Moyens – relations avec l'Université*

Pr. Anne-Marie LEHR-DRYLEWICZ, *Médecine générale*

Pr. François MAILLOT, *Formation Médicale Continue*

Pr. Patrick VOURC'H, *Recherche*

SECRETAIRE GENERALE

Mme Fanny BOBLETER

DOYENS HONORAIRES

Pr. Emile ARON (†) – 1962-1966

Directeur de l'Ecole de Médecine - 1947-1962

Pr. Georges DESBUQUOIS (†) - 1966-1972

Pr. André GOUAZE - 1972-1994

Pr. Jean-Claude ROLLAND – 1994-2004

Pr. Dominique PERROTIN – 2004-2014

PROFESSEURS EMERITES

Pr. Daniel ALISON

Pr. Catherine BARTHELEMY

Pr. Philippe BOUGNOUX

Pr. Pierre COSNAY

Pr. Etienne DANQUECHIN-DORVAL

Pr. Loïc DE LA LANDE DE CALAN

Pr. Noël HUTEN

Pr. Olivier LE FLOCH

Pr. Yvon LEBRANCHU

Pr. Elisabeth LECA

Pr. Gérard LORETTE

Pr. Roland QUENTIN

Pr. Alain ROBIER

Pr. Elie SALIBA

PROFESSEURS HONORAIRES

P. ANTHONIOZ – A. AUDURIER – A. AUTRET – P. BAGROS – G. BALLON – P. BARDOS – J.L. BAULIEU – C. BERGER – JC. BESNARD – P. BEUTTER – P. BONNET – M. BROCHIER – P. BURDIN – L. CASTELLANI – B. CHARBONNIER – P. CHOUTET – T. CONSTANS – C. COUET - J.P. FAUCHIER – F. FETISSOF – J. FUSCIARDI – P. GAILLARD – G. GINIES – A. GOUAZE – J.L. GUILMOT – M. JAN – J.P. LAMAGNERE – F. LAMISSE – Y. LANSON – J. LAUGIER – P. LECOMTE – G. LELORD – E. LEMARIE – G. LEROY – Y. LHUINTRE – M. MARCHAND – C. MAURAGE – C. MERCIER – J. MOLINE – C. MORAINÉ – J.P. MUH – J. MURAT – H. NIVET – L. POURCELOT – P. RAYNAUD – D. RICHARD-LENOBLE – M. ROBERT – J.C. ROLLAND – D. ROYERE - A. SAINDELLE – J.J. SANTINI – D. SAUVAGE – B. TOUMIEUX – J. WEILL

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

ANDRES ChristianBiochimie et biologie moléculaire

ANGOULVANT DenisCardiologie

ARBEILLE PhilippeBiophysique et médecine nucléaire

AUPART MichelChirurgie thoracique et cardiovasculaire

BABUTY Dominique.....Cardiologie

BALLON NicolasPsychiatrie ; addictologie

BARILLOT IsabelleCancérologie ; radiothérapie

BARON ChristopheImmunologie

BEJAN-ANGOULVANT ThéodoraPharmacologie clinique

BERNARD AnneCardiologie

BERNARD LouisMaladies infectieuses et maladies tropicales

BODY GillesGynécologie et obstétrique

BONNARD ChristianChirurgie infantile

BONNET-BRILHAULT Frédérique.....Physiologie

BRILHAULT Jean.....Chirurgie orthopédique et traumatologique

BRUNEREAU LaurentRadiologie et imagerie médicale

BRUYERE Franck.....Urologie

BUCHLER MatthiasNéphrologie

CALAIS GillesCancérologie, radiothérapie

CAMUS VincentPsychiatrie d'adultes

CHANDENIER JacquesParasitologie, mycologie

CHANTEPIE Alain.....Pédiatrie

COLOMBAT PhilippeHématologie, transfusion

CORCIA PhilippeNeurologie

COTTIER Jean-Philippe.....Radiologie et imagerie médicale

DE TOFFOL BertrandNeurologie

DEQUIN Pierre-François.....Thérapeutique

DESTRIEUX ChristopheAnatomie

DIOT PatricePneumologie

DU BOUEXIC de PINIEUX Gonzague.....Anatomie & cytologie pathologiques

DUCLUZEAU Pierre-Henri.....Endocrinologie, diabétologie, et nutrition

DUMONT Pascal.....Chirurgie thoracique et cardiovasculaire

EL HAGE Wissam.....Psychiatrie adultes

EHRMANN Stephan.....Réanimation

FAUCHIER Laurent.....Cardiologie

FAVARD Luc.....Chirurgie orthopédique et traumatologique

FOUQUET Bernard.....Médecine physique et de réadaptation

FRANCOIS Patrick.....Neurochirurgie

FROMONT-HANKARD Gaëlle.....Anatomie & cytologie pathologiques

GOGA DominiqueChirurgie maxillo-faciale et stomatologie

GOUDEAU AlainBactériologie-virologie, hygiène hospitalière

GOUPILLE PhilippeRhumatologie

GRUEL Yves.....Hématologie, transfusion

GUERIF Fabrice.....Biologie et médecine du développement et de la reproduction

GUYETANT Serge.....Anatomie et cytologie pathologiques

GYAN Emmanuel.....Hématologie, transfusion

HAILLOT OlivierUrologie

HALIMI Jean-Michel.....Thérapeutique

HANKARD RégisPédiatrie

HERAULT OlivierHématologie, transfusion

HERBRETEAU DenisRadiologie et imagerie médicale

HOURIOUX ChristopheBiologie cellulaire

LABARTHE FrançoisPédiatrie

LAFFON Marc.....Anesthésiologie et réanimation chirurgicale, médecine d'urgence

LARDY HubertChirurgie infantile

LARIBI SaïdMédecine d'urgence

LARTIGUE Marie-Frédérique.....Bactériologie-virologie

LAURE BorisChirurgie maxillo-faciale et stomatologie

LECOMTE Thierry.....Gastroentérologie, hépatologie

LESCANNE Emmanuel.....Oto-rhino-laryngologie

LINASSIER ClaudeCancérologie, radiothérapie

MACHET Laurent.....Dermato-vénéréologie

MAILLOT François.....Médecine interne

MARCHAND-ADAM SylvainPneumologie

MARRET HenriGynécologie-obstétrique

MARUANI AnnabelDermatologie-vénéréologie

MEREGHETTI LaurentBactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

MORINIERE SylvainOto-rhino-laryngologie

MOUSSATA DriffaGastro-entérologie

MULLEMAN DenisRhumatologie

ODENT ThierryChirurgie infantile

OUAISSI Mehdi.....Chirurgie digestive

OULDAMER Lobna.....Gynécologie-obstétrique

PAGES Jean-ChristopheBiochimie et biologie moléculaire

PAINTAUD Gilles.....Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique

PATAT FrédéricBiophysique et médecine nucléaire

PERROTIN DominiqueRéanimation médicale, médecine d'urgence

PERROTIN FranckGynécologie-obstétrique

PISELLA Pierre-JeanOphtalmologie

PLANTIER LaurentPhysiologie

QUENTIN Roland.....Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière

REMERAND Francis.....Anesthésiologie et réanimation, médecine d'urgence

ROINGEARD Philippe.....Biologie cellulaire

ROSSET Philippe.....Chirurgie orthopédique et traumatologique
 RUSCH EmmanuelEpidémiologie, économie de la santé et prévention
 SAINT-MARTIN Pauline.....Médecine légale et droit de la santé
 SALAME EphremChirurgie digestive
 SAMIMI MahtabDermatologie-vénéréologie
 SANTIAGO-RIBEIRO Maria.....Biophysique et médecine nucléaire
 SIRINELLI DominiqueRadiologie et imagerie médicale
 THOMAS-CASTELNAU PierrePédiatrie
 TOUTAIN AnnickGénétique
 VAILLANT LoïcDermato-vénéréologie
 VELUT StéphaneAnatomie
 VOURC'H Patrick.....Biochimie et biologie moléculaire
 WATIER HervéImmunologie

PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

LEBEAU Jean-Pierre LEHR-DRYLEWICZ Anne-Marie

PROFESSEURS ASSOCIES

MALLET Donatien.....Soins palliatifs
 POTIER Alain.....Médecine Générale
 ROBERT JeanMédecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

BAKHOS DavidPhysiologie
 BARBIER Louise.....Chirurgie digestive
 BERHOUET Julien.....Chirurgie orthopédique et traumatologique
 BERTRAND Philippe.....Biostatistiques, informatique médical et technologies de communication
 BLANCHARD-LAUMONNIER EmmanuelleBiologie cellulaire

BLASCO HélèneBiochimie et biologie moléculaire

BRUNAUT Paul.....Psychiatrie d'adultes, addictologie

CAILLE Agnès.....Biostatistiques, informatique médical et technologies
de communication

CLEMENTY Nicolas.....Cardiologie

DESOUBEUX Guillaume.....Parasitologie et mycologie

DOMELIER Anne-Sophie.....Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière

DUFOUR DianeBiophysique et médecine nucléaire

FOUQUET-BERGEMER Anne-MarieAnatomie et cytologie pathologiques

GATAULT Philippe.....Néphrologie

GAUDY-GRAFFIN Catherine.....Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière

GOUILLEUX ValérieImmunologie

GUILLON AntoineRéanimation

GUILLON-GRAMMATICO Leslie.....Epidémiologie, économie de la santé et prévention

HOARAU Cyrille.....Immunologie

IVANES FabricePhysiologie

LE GUELLEC Chantal.....Pharmacologie fondamentale, pharmacologie
clinique

MACHET Marie-Christine.....Anatomie et cytologie pathologiques

PIVER ÉricBiochimie et biologie moléculaire

REROLLE CamilleMédecine légale

ROUMY Jérôme.....Biophysique et médecine nucléaire

TERNANT David.....Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique

ZEMMOURA IlyessNeurochirurgie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

AGUILLON-HERNANDEZ Nadia.....Neurosciences

BOREL Stéphanie.....Orthophonie

DIBAO-DINA ClarisseMédecine Générale

LEMOINE MaëlPhilosophie
MONJAUZE CécileSciences du langage - orthophonie
PATIENT RomualdBiologie cellulaire
RENOUX-JACQUET Cécile.....Médecine Générale

CHERCHEURS INSERM - CNRS - INRA

BOUAKAZ AyacheDirecteur de Recherche INSERM – UMR INSERM
930
CHALON Sylvie.....Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM
930
COURTY YvesChargé de Recherche CNRS – UMR INSERM 1100
DE ROCQUIGNY Hugues.....Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 966
ESCOFFRE Jean-MichelChargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 930
GILOT Philippe.....Chargé de Recherche INRA – UMR INRA 1282
GOUILLEUX Fabrice.....Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 7292
GOMOT Marie.....Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 930
HEUZE-VOURCH Nathalie.....Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM
1100
KORKMAZ BriceChargé de Recherche INSERM – UMR INSERM
1100
LAUMONNIER Frédéric.....Chargé de Recherche INSERM - UMR INSERM 930
LE PAPE AlainDirecteur de Recherche CNRS – UMR INSERM 1100
MAZURIER FrédéricDirecteur de Recherche INSERM – UMR CNRS 7292
MEUNIER Jean-ChristopheChargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 966
PAGET Christophe.....Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100
RAOUL WilliamChargé de Recherche INSERM – UMR CNRS 7292
SI TAHAR Mustapha.....Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM
1100
WARDAK Claire.....Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 930

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Pour l'Ecole d'Orthophonie

DELORE ClaireOrthophoniste

GOUIN Jean-MariePraticien Hospitalier

PERRIER DanièleOrthophoniste

Pour l'Ecole d'Orthoptie

LALA EmmanuellePraticien Hospitalier

MAJZOUB Samuel.....Praticien Hospitalier

Pour l'Ethique Médicale

BIRMELE BéatricePraticien Hospitalier

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maitres de cette Faculté,
de mes chers condisciples
et selon la tradition d'Hippocrate,
je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans
l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent,
et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux
ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira
les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les
mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maitres, je rendrai à leurs enfants
l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que
je sois couvert d'opprobre
et méprisé de mes confrères
si j'y manque.

Remerciements

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Dominique BABUTY :

Pour votre gentillesse, votre disponibilité et votre bonne humeur, qui ont contribué à rendre ces années d'internat très agréables.

Madame le Professeur Anne BERNARD:

Pour ta gentillesse, ta disponibilité, et ta patience. Merci de m'avoir permis de mener ce projet avec toi. Ton encadrement et tes encouragements m'ont été très utiles et m'ont permis d'avancer tout au long de ce travail. Ce fut un plaisir et un honneur de travailler avec toi.

Monsieur le Professeur Denis ANGOULVANT:

Pour votre enseignement, vos conseils avisés, et pour l'aide que vous nous avez apportée. Merci de me faire l'honneur de faire partie de mon jury.

Monsieur le Professeur Francis REMERAND :

C'est un honneur de vous compter parmi les membres de mon jury. Merci pour votre participation à ce projet.

A ma famille,

A mes deux sœurs que j'aime plus que tout,

à mon père,

à mes cousins et mes cousines que j'aimerais voir plus souvent,

et à ma mère, que j'aurais aimé compter parmi nous aujourd'hui.

Table des matières

Contextepage 18

Introductionpage 41

Matériels et Méthodespage 42

Résultats.....page 52

Discussion.....page 61

Conclusion.....page 68

Bibliographie.....page 69

Annexes.....page 72

Abréviations

AAA : Anévrisme de l'aorte abdominale

CHU : Centre Hospitalo-Universitaire

COMSI : Commission d'Enseignement par la simulation

CSCT : Certificat de Synthèse Clinique et Thérapeutique

DESC : Diplôme d'Etude Spécialisées Complémentaires

DIU : Diplôme Inter - Universitaire

DU : Diplôme Universitaire

ECMU : Echographie Clinique en Médecine d'Urgence

E-FAST: Extended FAST

ETT: Echographie Trans-thoracique

FAST: Focused Assessment with Sonography for Trauma

FATE: Focus Assessed Transthoracic Echocardiography

FoCUS: Focused Cardiac Ultrasound

HAS : Haute Autorité de Santé

Mode 2D : Mode bidimensionnel

Mode 3D : Mode tridimensionnel

Mode TM : Mode « Time-Motion » ou « Temps mouvement »

PH : Praticien Hospitalier

PU-PH : Professeur des Universités- Praticien Hospitalier

QCM : Questionnaire à choix multiple

SAMU : Service d'Aide Médicale Urgente

SFC : Société Française de Cardiologie

SFMU : Société Française de Médecine d'Urgence

TUSAR : Technique Ultrasonique en Anesthésie Réanimation

US : Ultrasons

Contexte

I/ Principe et place de l'échographie cardiaque en pratique clinique

L'échocardiographie transthoracique (ETT), est une technique d'imagerie cardiaque utilisée en première intention pour le diagnostic, l'évaluation et le suivi des pathologies cardiaques. Il s'agit d'un examen non invasif, non irradiant, indolore, utilisant la technique des ultrasons. Son utilisation est possible à tout âge, notamment parce qu'il n'y a pas d'effet secondaire notable.

L'échocardiographie repose sur la technique des ultrasons (US), produits à partir d'un cristal piézoélectrique, capable de transformer un signal électrique en vibrations, et inversement, et enfin en images. La sonde d'échographie cardiaque, contenant le cristal, est placée sur le thorax du patient, permettant l'émission et la réception des ondes ultrasonores. Lorsque les ultrasons traversent des milieux d'impédance différente, une partie est réfléchi, permettant la formation d'une image cardiaque en mouvement.

L'examen échocardiographique est standardisé par l'acquisition de coupes successives qui permettent une analyse globale et aussi détaillée du massif cardiaque : la coupe para-sternale grand axe, la coupe para-sternale petit axe, la coupe apicale des deux, des trois, des quatre et des cinq cavités, la coupe sous costale, et la coupe supra sternale. Il existe différentes modalités d'échocardiographie pouvant être utilisées pour chacune des coupes :

- le mode « Temps-mouvement » (ou TM) : mouvement des structures cardiaques explorées par le faisceau US en fonction du cycle cardiaque,

- le mode bidimensionnel (ou 2D),
- le mode tridimensionnel (ou 3D), (*Figure 1*).
- le mode Doppler : continu, pulsé, couleur ou tissulaire (*Figure 1*). « L'effet Doppler est basé sur le décalage de fréquence entre la fréquence émise et la fréquence réceptionnée lorsque l'émetteur est fixe et la cible mobile (ou réciproquement) » (1).

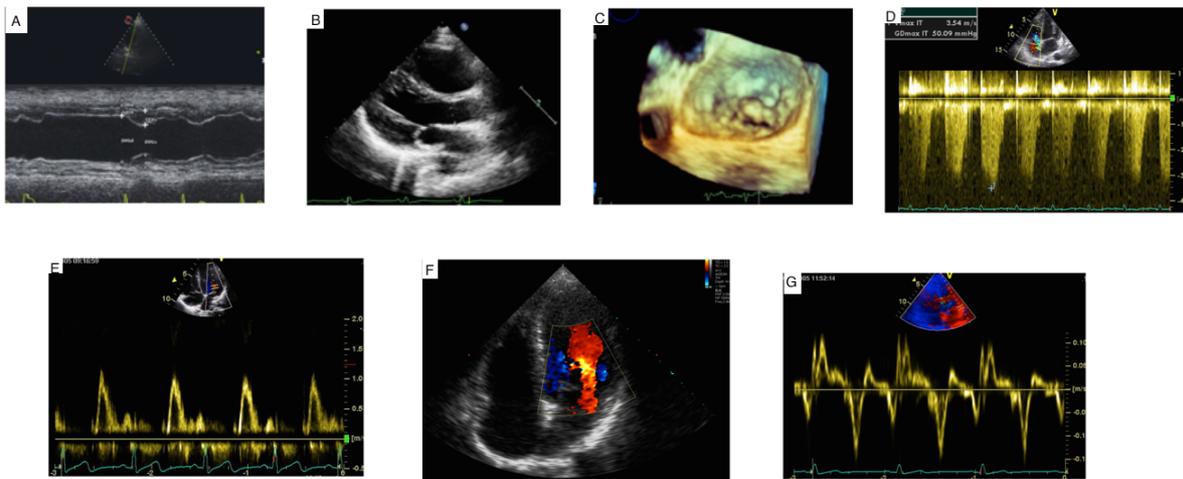


Figure 1 : Modes échographiques. A : Mode « Temps-mouvement », B : Mode bidimensionnel, C : Mode tridimensionnel, D Doppler continu, E Doppler pulsé, F : Doppler couleur, G : Doppler tissulaire

L'échocardiographie est une imagerie en constante évolution, avec la découverte de nouvelles modalités d'échographie.

De nombreux paramètres (*Figures 2 et 3*), sont à recueillir lors de la réalisation de l'ETT, nécessitant des mesures précises, à sont à réévaluer régulièrement au cours du suivi des pathologies cardiaques (2).

Structure anatomique	Paramètres
Ventricule gauche	<ul style="list-style-type: none"> -diamètre télédiastolique et télésystolique ; -épaisseur pariétale ; -masse ventriculaire gauche indexée ; -fraction de raccourcissement ($N^* > 30\%$) ; -fraction d'éjection ventriculaire ($N > 60\%$) ; -volume diastolique et systolique du ventricule gauche ; -volume d'éjection ; -débit aortique ($N = 5 \text{ à } 6 \text{ L/min}$) -pressions de remplissage ventriculaire gauche (flux transmitral, doppler tissulaire à l'anneau mitral, vitesse de propagation de l'onde E, flux veineux pulmonaire)
Valves	<ul style="list-style-type: none"> -épaisseur et mobilité des feuillets valvulaires ; -masses surajoutées (végétations...) - en cas de sténose valvulaire : surface orificielle, gradient transvalvulaire ; -en cas de régurgitation valvulaire : surface de l'orifice régurgitant, volume régurgité).
Oreillettes	<ul style="list-style-type: none"> -tailles des oreillettes : diamètres, surfaces et volume pour l'OG.
Ventricule droit	<ul style="list-style-type: none"> -taille du VD (diamètre, surface) ; -fonction systolique ventriculaire droite globale ; -pression pulmonaires (systolique, diastolique, moyenne) -taille des veines caves et sus-hépatiques (avec variations respiratoires) ; -débit pulmonaire ($N = 5 \text{ à } 6 \text{ L/min}$)
péricarde	<ul style="list-style-type: none"> -épaisseurs des feuillets, épanchement, tolérance, épaissement

Figure 2 : Paramètres utilisés en ETT, d'après la SFC

Type de flux	Mode Doppler	Paramètres
Flux sous aortique et aortique (mesuré au niveau de la chambre de chasse du VG ou de l'orifice aortique)	Doppler continu	-gradient maximum et moyen en cas de rétrécissement aortique ; -visualisation d'une obstruction sous aortique
	Doppler pulsé	-débit aortique, -équation de continuité (surface fonctionnelle) -temps de pré-éjection du ventricule gauche
	Doppler couleur	visualisation d'une insuffisance aortique, d'un rétrécissement aortique ou d'une obstruction sous-aortique
Flux mitral	Doppler continu	-gradient maximum et moyen en cas de rétrécissement mitral ; -flux d'insuffisance mitrale
	Doppler pulsé	-profil de remplissage du ventricule gauche (onde E, onde A, rapport E/A, temps de décélération de l'onde E, temps de relaxation isovolumique) ; -débit mitral.
	Doppler couleur	-flux de propagation du remplissage du ventricule gauche ; -flux de rétrécissement mitral ; -flux d'insuffisance mitrale.
	Doppler tissulaire	Pression de remplissage du VG (rapport Em/Ea)
Flux tricuspide	Doppler continu	-gradient maximum d'insuffisance tricuspide pour pression systolique du ventricule droit (pression artérielle pulmonaire systolique) ; -gradient moyen en cas de rétrécissement tricuspide
	Doppler pulsé	-profil de remplissage du ventricule droit ; -pression auriculaire droite
	Doppler couleur	Insuffisance tricuspide
	Doppler tissulaire	pression de remplissage VD (rapport Et/Ea)
Flux pulmonaire	Doppler continu	Insuffisance pulmonaire (pression de remplissage du ventricule droit, pressions pulmonaires diastolique et moyenne)
	Doppler pulsé	-débit pulmonaire -temps d'accélération pulmonaire ; -temps de pré-éjection du ventricule droit
	Doppler couleur	visualisation de l'insuffisance pulmonaire ou d'un rétrécissement pulmonaire
Veine pulmonaires	Doppler pulsé	Pression de remplissage gauche
Veine cave inférieure		pressions auriculaires droites
Veines sus hépatiques		-pressions auriculaires droites, -semi-quantification de l'insuffisance tricuspide

Figure 3 : paramètres à obtenus en fonction du mode Doppler utilisé en ETT, d'après la SFC

La réalisation d'une ETT nécessite un échographe équipé, permettant l'utilisation des différentes modalités décrites précédemment. Cet examen est utilisé pour le diagnostic, le pronostic et la thérapeutique de nombreuses pathologies cardiovasculaires, comme l'hypertension artérielle, les valvulopathies, la cardiopathie ischémique, la cardiomyopathie hypertrophique et dilatée, l'insuffisance ventriculaire gauche, les troubles du rythme, ainsi que pour la stratification du risque coronaire avant une chirurgie non cardiaque. En France, les indications et les non indications de cet examen sont précisés par la Haute Autorité en Santé (HAS) (1).

L'échocardiographie est réalisée par des cardiologues, mais également par des non cardiologues, comme les réanimateurs et les anesthésistes, dans leur pratique quotidienne (3).

II/Formation à l'échocardiographie

En France, la formation à l'échocardiographie est codifiée. Elle nécessite l'obtention d'un Diplôme Inter-Universitaire (DIU), enseigné dans 8 inter-régions. Le but de ce diplôme est de délivrer un enseignement de l'écho-Doppler cardiovasculaire conforme aux recommandations du Conseil Pédagogique National.

La formation se déroule sur deux ans. Elle comporte une partie théorique en enseignement présentiel, dont le nombre d'heures est fixé par chaque, inter-région, et une partie pratique, consistant en un nombre d'heures de stage et une quantité minimum d'ETT réalisées. Par exemple pour l'inter-région Ouest, dont fait partie la faculté de médecine de Tours, la formation comporte 40 heures de cours par an, 90 heures de formation pratique par an soit la réalisation au minimum de 120 ETT et 50 échocardiographies transoesophagiennes.

La formation est ouverte uniquement aux étudiants en cardiologie à partir de la deuxième année d'internat, aux internes d'anesthésie – réanimation, et par dérogation à certaines autres filières avec un intérêt pour cette formation (par exemple : la cardiopédiatrie).

Un examen est réalisé à la fin de la première et de la deuxième année, permettant d'obtenir au décours le DIU « d'échocardiographie ».

L'échocardiographie est réalisée par un spécialiste titulaire de ce diplôme, qui doit rendre un compte rendu à la fin de l'examen. Le diplôme est indispensable pour pouvoir réaliser et coter l'ETT. Pour information, la base de remboursement d'une échocardiographie est actuellement 96,49 euros.

Le TUSAR (- Technique Ultrasonique en Anesthésie et Réanimation) est un autre DIU, qui comporte un module d'échocardiographie, et qui est enseigné aux anesthésistes-réanimateurs, aux réanimateurs médicaux et sur dérogation, aux urgentistes. La formation se déroule sur un an, avec là encore une partie théorique et une partie pratique selon les mêmes modalités que précédemment. L'objectif de ce DIU est de permettre de réaliser une échocardiographie dans le cadre de situations spécifiques relevant de l'exercice professionnel des spécialités concernées.

III/ Définition et place de l'échoscopie cardiaque

L'échographie cardiaque est un examen nécessitant des capacités techniques pour sa réalisation, et une connaissance de la physiopathologie ainsi que des maladies cardiovasculaires pour son interprétation (5).

Les recommandations européennes et américaines (4, 5, 6) distinguent précisément l'échographie cardiaque réalisée en situation d'urgence, de l'échoscopie cardiaque.

L'échocardiographie cardiaque réalisé dans un contexte d'urgence est un examen complet réalisé, avec un échocardiographe classique, par un opérateur entraîné titulaire du DIU d'échocardiographie, capable de réaliser et d'interpréter l'examen sans aide, et qui rédige un compte-rendu à la fin de l'examen.

L'échoscopie cardiaque, appelée FoCUS (focused cardiac ultrasound) dans les pays anglo-saxons, est une technique de débrouillage, utilisant également les ultrasons, dont l'objectif est d'évaluer, rapidement, de manière qualitative ou semi-quantitative, les structures et la fonction cardiaque ainsi que la volémie du patient, pour permettre une orientation diagnostique rapide, et l'introduction sans délai des thérapeutiques adaptées (5). Toute anomalie détectée doit être rapidement confirmée par une échocardiographie, réalisée par un spécialiste.

L'échographie d'urgence est réalisable pour tous les organes. Ainsi, chez le polytraumatisé, la technique FAST (Focused Assessment with sonography for trauma) ou e-FAST (technique FAST étendue au poumon) sont des échographies de débrouillage qui consistent en la réalisation, en moins de cinq minutes (7), de plusieurs fenêtres échographiques du péricarde, de la plèvre, du poumon, de l'espace inter hépato-rénal, de l'espace inter spléno-rénal, de l'utérus et de la vessie, à la recherche d'un épanchement péricardique , pleural ou intra abdominal (8), pour permettre un bilan lésionnel dans un délai bref, et l'indication d'une éventuelle chirurgie en urgence. De même, le protocole FATE (-Focus Assessed Transthoracic Echocardiography) combine de l'échoscopie cardiaque avec une imagerie de la plèvre (recherche d'un épanchement pleural, de queues de comète en faveur d'une poussée d'insuffisance cardiaque (9)).

L'objectif de l'échoscopie cardiaque n'est pas de réaliser des mesures précises mais de répondre rapidement et de façon binaire à une question clinique simple : le ventricule gauche est-il dilaté ? Hypertrophié ? La fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) est-elle altérée ? Existe-t-il une dilatation du ventricule droit ? Une dilatation de l'aorte ascendante ou abdominale ? Un épanchement péricardique abondant ?

La SFMU (Société Française de Médecine d'Urgence) définit dans ses dernières recommandations de 2016 (10) le niveau de compétence requis pour la réalisation de l'échographie en médecine d'urgence, appelé ECMU (Echographie clinique en médecine d'urgence). Il ne s'agit là encore pas d'une échographie visant à définir l'intégralité d'un organe, mais de répondre à une question clinique par une réponse binaire (oui ou non), dans un délai très court, adapté à une situation d'urgence. L'ECMU concerne l'échographie abdomino-pelvienne, pleuropulmonaire, oculaire, veineuse, ostéo-articulaire, le Doppler transcrânien, l'échographie des tissus mous, l'échographie contextuelle, interventionnelle, et l'échographique cardiaque.

Voici un extrait de ces recommandations, précisant le niveau requis pour l'urgentiste en ce qui concerne l'échoscopie cardiaque :

« Il faut que l'urgentiste soit capable de détecter un épanchement péricardique de grande abondance ([proposition] appropriée, accord fort). [···]

Fonction ventriculaire gauche

Il est recommandé que l'urgentiste soit capable d'évaluer la fraction d'éjection (FE) du ventricule gauche (VG) de façon empirique : effondrée, intermédiaire ou normale ([proposition] appropriée, accord relatif)

Il n'y a pas d'accord [···] pour proposer que l'urgentiste soit capable d'évaluer la FE de façon calculée [···].

Contractilité segmentaire du ventricule gauche (VG)

Il n’y a pas d’accord [···] pour proposer que l’urgentiste soit capable d’évaluer la contractilité segmentaire du VG [···].

Cœur pulmonaire aigu

[···] Il est recommandé que l’urgentiste soit capable d’évaluer la dilatation du ventricule droit (VD) ([proposition] appropriée, accord relatif).

Il n’y a pas d’accord [···] pour proposer que l’urgentiste soit capable d’évaluer la pression artérielle pulmonaire (PAP) [···]

Exploration de la veine cave inférieure (VCI)

Il faut que l’urgentiste soit capable de détecter et mesurer la VCI (VCI) ([proposition] appropriée, accord fort). [···] ».

Les recommandations Européennes (4) définissent explicitement ce que l’on peut attendre de l’échoscopie cardiaque, et les limites que doit connaître tout opérateur réalisant cet examen (Figure 4).

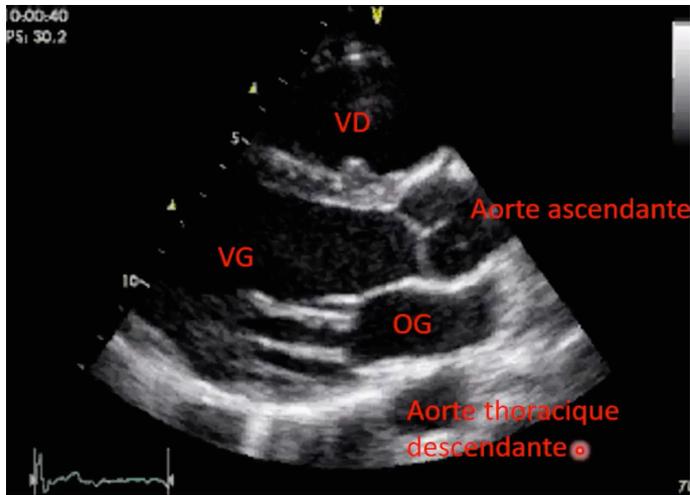
Table 3 Summary of the EACVI viewpoint on FoCUS

FoCUS should only be used as a point-of-care cardiac ultrasound examination, aimed to detect limited number of critical cardiac conditions
FoCUS may provide key clinical information regarding the presence of pericardial effusion/cardiac tamponade, left and right ventricular size and function, intravascular volume status, and may aid decision-making during cardiopulmonary resuscitation
FoCUS should never be considered or reported as echocardiographic examination
Educational curriculum and training programme for FoCUS should be designed and conducted by the specialty professional organizations/ societies involved in treating medical emergencies, including cardiac, with continual collaboration with reference echocardiographic communities
FoCUS should only be used by the operators who have completed appropriate education and training programme, and who fully understand and respect its scope and limitations
All patients with cardiovascular abnormalities detected by FoCUS should be referred to echocardiographic examination as soon as appropriate
If the underlying cardiovascular disease could not be definitively ruled out in critically ill by FoCUS, echocardiography should be considered
FoCUS examinations should be recorded and permanently stored and reports issued in a timely manner
Continual supervision and quality control of the FoCUS examinations are essential, provided preferably by accredited echocardiographic laboratories and emergency echocardiography services
Reference echocardiographic community representatives should actively follow developments in the field and, whenever appropriate, work on improving educational and training curricula in concert with respective specialties professional societies/organizations, to deliver the best possible care for the patients

Figure 4 : Recommandations de l’ESC en 2014 sur l’échoscopie cardiaque.

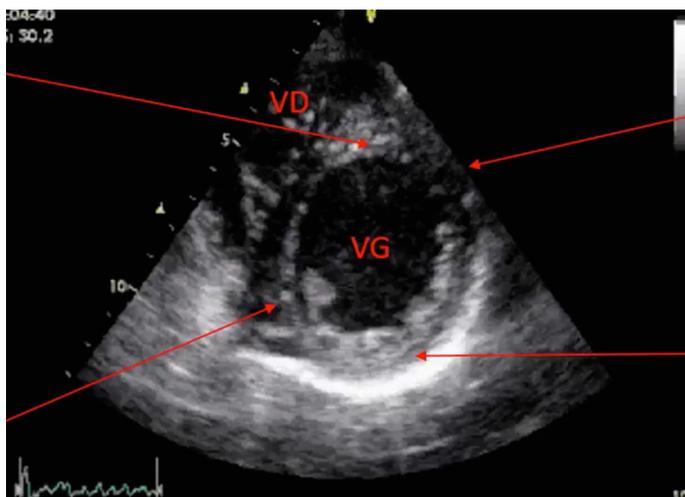
Il existe cinq coupes de référence en échoscopie cardiaque :

La coupe para-sternale grand axe :



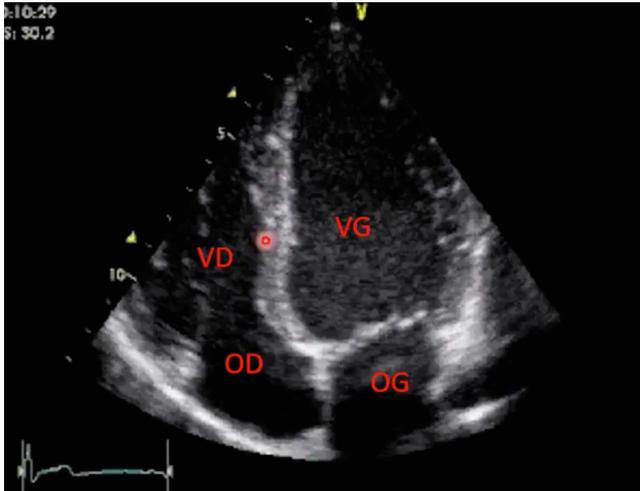
Cette coupe permet de visualiser les ventricules et les oreillettes, la paroi antéro-septale et inféro-latérale, l'aorte ascendante et descendante, les sigmoïdes aortiques, la valve mitrale antérieure et postérieure, le sinus coronaire.

La coupe para-sternale petit axe :



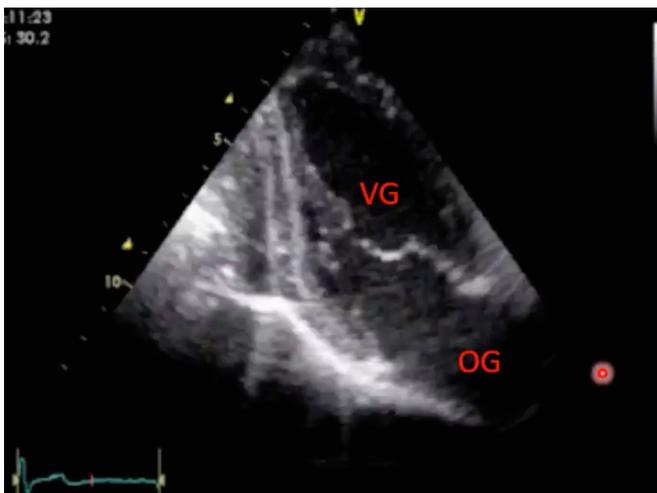
Les structures visualisées sont le ventricule droit, le ventricule gauche avec la paroi septale, antérieure, inférieure et inféro-latérale.

La coupe apicale des quatre cavités :



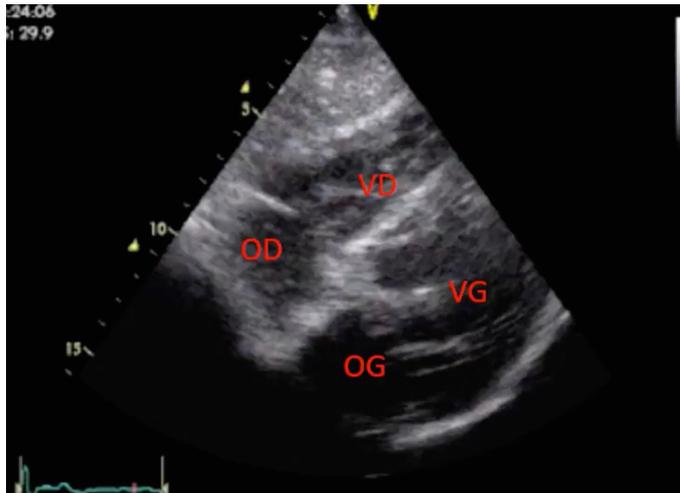
La coupe apicale des quatre cavités est une coupe très informative, puisqu'elle permet de visualiser les deux ventricules, d'apprécier leur fonction, leur éventuelle dilatation, la présence de troubles de la cinétique segmentaire, ou d'un épanchement péricardique.

La coupe apicale des deux cavités :



Cette coupe montre le ventricule gauche avec sa paroi inférieure et antérieure, l'oreillette gauche et parfois l'auricule gauche.

La coupe sous costale :



On peut y visualiser les deux ventricules, les oreillettes, parfois l'auricule gauche, le septum inter atriale, la paroi inféro-septale et antérolatérale du ventricule gauche. Certaines structures extracardiaques sont visualisables comme l'espace péricardique et le foie.

La coupe sous costale est la coupe de l'urgence. En effet, chez un patient instable sur le plan hémodynamique, elle permet une orientation rapide, en montrant un épanchement péricardique compressif dans le cas d'une tamponnade, des cavités droites dilatées avec un septum paradoxal en cas d'embolie pulmonaire grave avec un cœur pulmonaire aigüe, une dysfonction sévère du ventricule gauche en cas de choc cardiogénique, une hypertrophie du ventricule gauche en cas de cardiomyopathie obstructive, une veine cave inférieure fine avec un ventricule droit hyperkinétique en cas d'état de choc secondaire à une hypovolémie efficace ou relative. Il permet également de confirmer l'arrêt cardiaque en cas de dissociation électrico-mécanique.

Ces images peuvent être obtenues à partir de n'importe quel échographe comportant une sonde capable de visualiser les structures cardiaques. Mais dans le contexte de l'urgence et de

la réalisation de l'examen au lit du patient, comme prolongation de l'examen clinique, des appareils dits ultraportables ont été développés par les constructeurs d'échocardiographes. Les appareils utilisés sont souvent de petite taille, parfois de la taille d'un téléphone portable (Figure 5). Leur portabilité et leur petit volume les rendent particulièrement adaptés aux situations d'urgence. On peut facilement les glisser dans une poche de blouse.



Figure 5 : Echoscopes de poche. Exemples du modèle Vscan de General Electric



Ces appareils de poches permettent d'obtenir une image bidimensionnelle de bonne qualité, et la réalisation de Doppler couleur. Ils ne sont pas faits pour utiliser du Doppler continu ni du Doppler pulsé. La qualité des images obtenue est cependant suffisante pour permettre la réalisation d'une échoscopie en urgence. Dans une étude publiée en 2011 (11), Lafitte S. et

son équipe comparaient les résultats obtenus par un échocardiographe expérimenté grâce à l'utilisation d'un appareil d'échoscopie cardiaque de poche en comparaison à un échocardiographe hautement équipé. La concordance pour la qualité d'image était de 0,92 (kappa à 0,71), et l'évaluation semi quantitative de la fonction systolique du ventricule gauche (normale, dysfonction modérée et sévère) était bonne, puisqu'il existait une concordance variant de 0,97 à 0,98. Dans une autre étude publiée en 2011, Réant P. avait également montré qu'il existait une bonne concordance entre les résultats obtenus par un échocardiographe, avec un appareil d'échoscopie miniature et ceux d'un appareil d'échocardiographie conventionnelle, dans l'évaluation d'un épanchement péricardique (0,97, kappa à 0,86) et de la fonction systolique du ventricule gauche (0,96, kappa à 0,90) et d'une insuffisance mitrale (0,96, kappa à 0,86), après une intervention invasive. L'utilisation de ces appareils au lit du patient avait permis d'améliorer le fonctionnement du laboratoire d'échographie cardiaque, en réalisant un pré-screening des patients, permettant de diminuer leur temps d'attente, et d'éviter d'avoir recours à un brancardier. Le temps moyen total requis pour réaliser une échoscopie au lit du patient était de 20,3 +/- 5,4 minutes contre 66 +/- 16,4 minute en cas d'échocardiographie conventionnelle (12).

L'échoscopie peut être réalisée par des cardiologues, en situation d'urgence chez un patient hémodynamiquement instable, pour diagnostiquer rapidement une tamponnade, une dissection aortique, un choc cardiogénique, une complication à la phase aigüe d'un infarctus du myocarde (rupture de pilier, communication interventriculaire, rupture du myocarde). En cas d'arrêt cardiaque par dissociation électro-mécanique, il permet de confirmer l'absence de contraction du myocarde.

Cet examen peut également être réalisé par des non cardiologues, en particulier les anesthésistes-réanimateurs, les urgentistes, mais également les médecins généralistes dans leur cabinet, l'échoscopie cardiaque étant alors utilisée comme un complément de l'examen

clinique. Il faut préciser qu'à ce jour, l'échoscopie cardiaque n'est pas un acte côté mais est considéré comme la prolongation de l'examen clinique.

Ainsi, une utilisation intéressante de l'échoscopie cardiaque pourrait être le dépistage des anévrysmes de l'aorte abdominale (AAA). Ces anévrysmes sont souvent diagnostiqués trop tard, au moment de la rupture, avec une morbidité et une mortalité très élevée. Plusieurs études ont montré que le dépistage échographique de l'AAA permettait d'en diminuer la mortalité. Une étude publiée en 2011 (13) comparait le dépistage de l'AAA par l'examen clinique à celui réalisé par un échoscope de poche. 199 des 204 patients dépistés avaient pu avoir une mesure du diamètre l'aorte abdominale (faisabilité de 97,5%), permettant de diagnostiquer 18 AAA, dont deux avaient nécessité une prise en charge chirurgicale rapide. Aucun AAA n'avait été dépisté par l'examen clinique.

Il existe tout de même certaines limites à cet examen. Comme toute échographie, la qualité de l'image obtenue est dépendante de l'échogénicité du patient. L'examen est souvent réalisé en situation d'urgence, les coupes doivent être obtenues dans un délai court, dans de mauvaises conditions (patient demi-assise, polypnéique) et l'échogénicité est alors moins bonne.

L'échoscopie cardiaque peut être réalisée par un médecin non cardiologue, n'ayant parfois pas l'expérience et la connaissance suffisante de l'échographie cardiaque (5). Or l'échoscopie cardiaque donne accès à un nombre limité d'informations, et en cas d'anomalies complexes ou subtiles, il existe un risque d'outrepasser ou de mal interpréter ces anomalies, et donc de retard ou d'errance diagnostique, qui peut être rapidement fatal pour le patient en situation d'urgence. Un exemple pourrait être de la graisse péricardique, considérée à tort comme un épanchement péricardique, ou la découverte fortuite d'une dysfonction du ventricule gauche chez un patient en état de choc d'origine extracardiaque, qui va être alors faussement incriminé pour expliquer l'état clinique du patient, avec une conséquence délétère sur sa prise

en charge. L'inverse est également possible, avec le risque de ne pas détecter une valvulopathie sévère, ou une cardiomyopathie obstructive.

Ainsi, tout opérateur réalisant une échoscopie cardiaque doit connaître ses propres limites et celles de l'examen, qui doit être réalisé en complément et non pas en remplacement de l'examen clinique, et toute anomalie détectée doit être rapidement confirmée par une échocardiographie complète réalisée par un spécialiste. L'échoscopie cardiaque doit être une aide au diagnostic, mais ne doit pas retarder la prise en charge du patient.

IV/Problème de la formation à l'échoscopie cardiaque

L'échoscopie cardiaque est une technique de plus en plus utilisée, par plusieurs spécialités. Se pose alors la question de la formation de ces médecins, amenés à utiliser cette imagerie, souvent en situation d'urgence, où tout retard ou erreur diagnostique peut être délétère pour le patient. Si l'examen échoscopique est un examen de débrouillage, cela ne veut pas dire que l'on peut se passer d'une formation, bien au contraire.

Or, la formation à l'échoscopie cardiaque est actuellement mal codifiée en France. Seul le centre hospitalier et universitaire de Bordeaux propose un DU spécifique d'échoscopie (dont l'échoscopie cardiaque), ouvert entre autres aux médecins généralistes. La formation dure un an, et comporte une partie théorique de 70 heures d'enseignement en présentiel, et une partie pratique de 30 heures d'enseignement.

Ceci témoigne d'un certain retard de la France vis-à-vis de cette technique. Aux Etats-Unis et au Canada, la formation à l'échographie d'urgence est obligatoire pour la formation des internes en médecine d'urgence (14, 15).

La réflexion concernant la formation à l'échoscopie cardiaque est donc ouverte car de plus en plus de professionnels sont demandeurs d'être formés pour l'intégrer à leur pratique clinique. Il est donc nécessaire de réfléchir à des programmes de formation, ce qui est d'autant plus difficile que le nombre de professionnels à former est important, nécessitant une formation en masse.

V/ Enseignement par la simulation

La HAS définit l'enseignement par la simulation en santé comme « l'utilisation de matériel (mannequin, simulateur procédural), de la réalité virtuelle ou d'un patient standardisé pour reproduire des situations ou des environnements de soin, dans le but d'enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et de répéter des processus, des concepts médicaux ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels (16).

En cardiologie, l'arrivée constante de nouvelles techniques invasives nécessite l'acquisition de nouvelles techniques, même pour les cardiologues expérimentés. Cependant, on constate actuellement une diminution du temps consacré à la formation dans la plupart des pays Européens (17,18,19,20).

L'apprentissage traditionnel de la médecine sur le patient est facilité par la simulation. Il s'agit d'une méthode pédagogique innovante, qui s'adresse à des novices dans le cadre de la formation initiale ou à des cliniciens expérimentés pour leur formation continue. Elle permet d'acquérir une technique, un comportement, une connaissance. La répétition des gestes dans un environnement sécurisé permet d'obtenir l'expérience et la confiance nécessaire à sa réalisation sur un patient, en situation réelle.

Cette technique d'enseignement se réfère à l'éthique médicale : « Jamais la première fois sur le patient ». L'objectif principal est alors d'améliorer la sécurité du patient en réduisant la iatrogénie et les erreurs médicales, dus à l'inexpérience de l'apprenant, à une époque où les patients et leur famille sont de plus informés, avec une médiatisation et une judiciarisation croissante des complications médicales (21). Il existe également un enjeu économique, la formation des étudiants en situation réelle est responsable d'une baisse de productivité (17, 21).

La simulation comme méthode d'apprentissage est bien développée dans certaines spécialités, comme les urgences, le SAMU (Service d'Aide Médicale Urgente), en obstétrique, en anesthésie-réanimation. Elle est en développement en cardiologie. Ainsi, en 2011, la répartition des activités de simulation en santé était de 1,4 % en cardiologie, en France (contre environ 13% pour le SAMU).

Une commission d'enseignement par la simulation (COMSI) a été créée en 2014 par la société française de cardiologie (SFC). Elle est composée d'enseignants des facultés de médecine, de cardiologues libéraux et d'instituts de soins infirmiers. Son objectif est de permettre le recueil, l'échange, et la diffusion des outils pédagogiques et les modalités d'enseignement par la simulation qui sont très diverses :

- L'échographie cardiaque transthoracique et transoesophagienne

- La sémiologie cardiaque
- La simulation de consultations (serious game ou jeux sérieux)
- La prise en charge de situations d'urgence comme la réanimation cardiovasculaire
- La simulation de ponction transseptale
- La programmation de pace-maker, de défibrillateur cardiaque
- La fermeture de l'auricule gauche d'ablation de fibrillation atriale
- Coronarographie et angioplastie coronaire
- Education thérapeutique.

Le centre de simulation régional de Tours s'est doté récemment d'un mannequin haute technologie d'échocardiographie pour l'aide à l'enseignement de l'échographie transthoracique et transoesophagienne. Si l'intérêt pour l'enseignement de l'échocardiographie transoesophagienne paraît évident car il s'agit d'un examen invasif, en ETT, l'enseignement par la simulation permet à l'étudiant d'apprendre à trouver les coupes de référence dans un environnement sécurisé et calme, ce qui peut être difficile sur un patient, parfois peu échogène, peu mobile, douloureux, qui ne peut pas toujours tenir le décubitus latéral de manière prolongée. Cette technique permet un apprentissage en confiance avant une mise en situation réelle sur des patients.

Ce mannequin de simulation (société Heartworks[®]) permet une véritable « visite » tridimensionnelle de l'anatomie cardiaque afin d'appréhender le massif cardiaque dans sa globalité, ainsi qu'une imagerie de synthèse de grande qualité en échocardiographie transthoracique et transoesophagienne pour un cœur normal et une dizaine de situations pathologiques. Il permet d'appréhender la manipulation de la sonde transthoracique comme de la sonde transoesophagienne et de visualiser en direct les structures anatomiques en mouvement traversées par le faisceau ultrasonore. (22)

Plusieurs études ont montré que l'enseignement par la simulation en médecine permettait d'améliorer les performances, les connaissances et la confiance des étudiants (19,23,24).

Au Royaume-Uni, le ministère de la santé a publié en 2011 des recommandations fortes pour l'utilisation de la simulation en pratique courante par les professionnels de la santé, et pour un apprentissage des techniques par la simulation avant une mise en pratique sur les patients (25).

Ceci en fait donc un outil idéal pour l'apprentissage et la formation à l'échoscopie cardiaque.

VI/ Principe du E-learning

Une nouvelle forme d'apprentissage, le E-learning ou formation à distance, est apparue depuis quelques années, et s'oppose en de nombreux points au traditionnel enseignement en présentiel (c'est à dire quand le formateur est physiquement proche de ses étudiants).

La définition du E-learning proposée par la Commission européenne est : « utilisation des nouvelles technologies multimédias et de l'internet pour améliorer la qualité et l'apprentissage en facilitant l'accès à des ressources et des services, ainsi que les échanges et la collaboration à distance ».

Il s'agit donc d'une forme d'apprentissage à distance, via internet, qui présente de nombreux avantages, en particulier la flexibilité organisationnelle dans le temps et dans l'espace, c'est-à-dire la capacité de se former « où l'on veut et quand on le veut », la diversité des méthodes

d'apprentissage et d'évaluation avec une multiplication des supports de cours, l'adaptation possible au niveau socioculturelle de l'apprenant. Elle permet également une réduction des coûts liés à la formation. L'apprentissage peut se faire en totalité en ligne, ou selon un mode d'apprentissage mixte combinant du E-learning et de l'apprentissage en présentiel. Elle fait disparaître la notion de « classe » et permet donc de former un plus grand nombre d'étudiants en une seule fois.

Toutefois, le e-learning ne dispense pas de l'enseignement par le compagnonnage. L'encadrement pour la formation pratique de l'étudiant est d'autant plus riche que l'étudiant a pu consulter un support pédagogique et peut s'y reconnecter autant de fois que nécessaire.

La Filiale d'Imagerie Cardiovasculaire de la Société Française de Cardiologie, en collaboration étroite avec le Collège national des enseignants de cardiologie (CNEC) met en place à partir de cette année une plate-forme numérique nationale de cours en ligne pour enseigner l'échocardiographie (appelée CARDIMAGE). Elle sera accessible à l'ensemble des internes de cardiologie pendant tout leur cursus. Des modules spécifiques sont prévus pour l'échoscopie cardiaque.

L'utilisation du numérique permet aussi, en plus des cours, de proposer aux étudiants de se connecter sur une plate-forme pour visualiser des boucles d'échocardiographie et ainsi de se former à l'interprétation des images. Celle-ci nécessite de l'expérience avant de pouvoir, par exemple, conclure qu'une fonction systolique du ventricule gauche est altérée. Sur une plate-forme de ce type, l'étudiant peut voir et revoir librement, à son propre rythme des boucles et ainsi se former à l'interprétation des images.

VII/ Programme d'autoformation en échoscopie cardiaque

L'autoformation est par définition un mode de formation dans lequel l'élève apprend seul, à son rythme. Ce mode d'apprentissage a été choisi dans cette étude pour répondre à la problématique actuelle de la diminution du temps dédié à la formation des étudiants, même si l'autonomie de l'élève ne dispense pas le professeur de sa fonction, qui doit encadrer l'élève et rester disponible en cas de nécessité.

Ce programme a été proposé aux internes de cardiologie, aux internes de médecine générale préparant le Diplôme d'Etudes Spécialisées Complémentaires (DESC) d'urgence, aux assistants et Praticiens Hospitaliers (PH) des urgences, et aux internes d'anesthésie réanimation, en collaboration avec le Professeur LARIBI Saïd, Professeur des universités – Praticien Hospitalier (PU-PH) des urgences au CHRU de Tours, et du Professeur REMERAND Francis, PU-PH d'anesthésie réanimation au CHRU de Tours.

Le programme comportait plusieurs étapes : une formation pratique sur mannequin de simulation avec un enseignement en E-learning, une partie pratique en situation réelle sur des patients, et une partie en enseignement différé non présentiel, sur Evalbox.

Ce programme avait pour cible les étudiants des spécialités confrontées aux situations d'urgences cardiorespiratoires. Il est alors aisé de comprendre le choix d'intégrer les internes des urgences et d'anesthésie-réanimation dans cette étude. Cependant, on peut se poser la question de la nécessité d'une telle formation pour les internes de cardiologie, qui disposeront d'une formation approfondie à l'échocardiographie au cours de leur cursus. L'intérêt est en fait majeur. Les internes de cardiologie sont vite confrontés au cours de leur stage ou en garde, où ils sont souvent en première ligne, à des situations cliniques nécessitant la maîtrise

de l'échocardiographie. Il s'agit souvent comme décrit précédemment de situations d'urgence pour lesquelles un diagnostic rapide est nécessaire. Or l'accès au DIU d'échographie cardiaque n'était, jusque là, proposé qu'à partir de la deuxième année d'internat, car il nécessite la maîtrise de certaines notions cardiologiques. Ce programme d'autoformation de courte durée avait pour ambition de rendre ces étudiants rapidement autonomes dans la réalisation de l'échoscopie de débrouillage cardiaque, et pourrait être proposé peu avant, ou dans le premier mois de l'internat de cardiologie.

Introduction

L'échoscopie cardiaque aussi appelée FoCUS, est une technique de débrouillage réalisée au lit du patient, qui s'inscrit dans la prolongation de l'examen clinique, et qui permet une évaluation rapide des structures et la fonction cardiaque, souvent réalisée dans une situation d'urgence médicale, permettant un diagnostic et une mise en place sans délai des thérapeutiques adaptées.

L'objectif de l'échoscopie est de répondre à une question clinique simple par une réponse binaire (oui ou non). Cette technique peut être utilisée par des cardiologues, mais aussi par des non cardiologues confrontés à des urgences cardiovasculaires : les anesthésistes-réanimateurs et les médecins d'urgence.

La formation des médecins utilisant cette technique est primordiale, puisqu'une erreur ou un retard diagnostique peut être délétère, voire fatale pour le patient. Cependant, dans la plupart des pays européens, le temps dédié à la formation est en constante diminution.

Par ailleurs, les recommandations actuelles conseillent l'intégration de la simulation à la formation des internes. La simulation est utilisée depuis plus de 50 ans en médecine, favorisée depuis une décennie par l'utilisation du E-learning (25). Elle permet l'apprentissage d'une technique dans un environnement sécurisé.

Cette étude tentait de répondre à cette problématique de diminution du temps de formation et de demande croissante d'apprentissage de l'échoscopie cardiaque, en proposant un programme d'autoformation en échoscopie cardiaque, de courte durée, combinant du E-learning, de la manipulation sur mannequin de simulation, et de la formation non présentielle sur une plateforme en ligne.

Matériels et Méthode

Population d'étude

Cette formation était proposée aux internes de cardiologie de premier semestre, aux internes d'anesthésie réanimation, aux internes préparant le DESC d'urgences, et aux assistants aux urgences. La participation à l'étude se faisait sur la base du volontariat. Pour pouvoir participer à l'étude, les étudiants devaient avoir moins de 35 ans, être diplômés du CSCT (Certificat de Synthèse Clinique et Thérapeutique), et ne pas avoir de pratique de l'échographie ou de l'échoscopie cardiaque. Les critères d'exclusion étaient les étudiants ayant eu une formation pratique à l'échocardiographie, ayant le Diplôme Inter Universitaire (-DIU) d'échocardiographie ou le TUSAR (Technique UltraSoniques en Anesthésie et Réanimation), le Diplôme Universitaire d'échoscopie, le DIU d'échographie appliquée à l'urgence. Tous les étudiants étaient informés de leur participation à une étude.

Matériel pédagogique :

Le mannequin de simulation en échocardiographie transthoracique Heartworks ® était utilisé pour la formation théorique des étudiants (*Figure 6*). Il comprenait une sonde d'échographie cardiaque transthoracique. Ce mannequin de simulation permet une reconstitution tridimensionnelle de l'anatomie cardiaque, affichée sur un écran, qui permet de corréler la position de la coupe et de la sonde par rapport aux structures cardiaques.

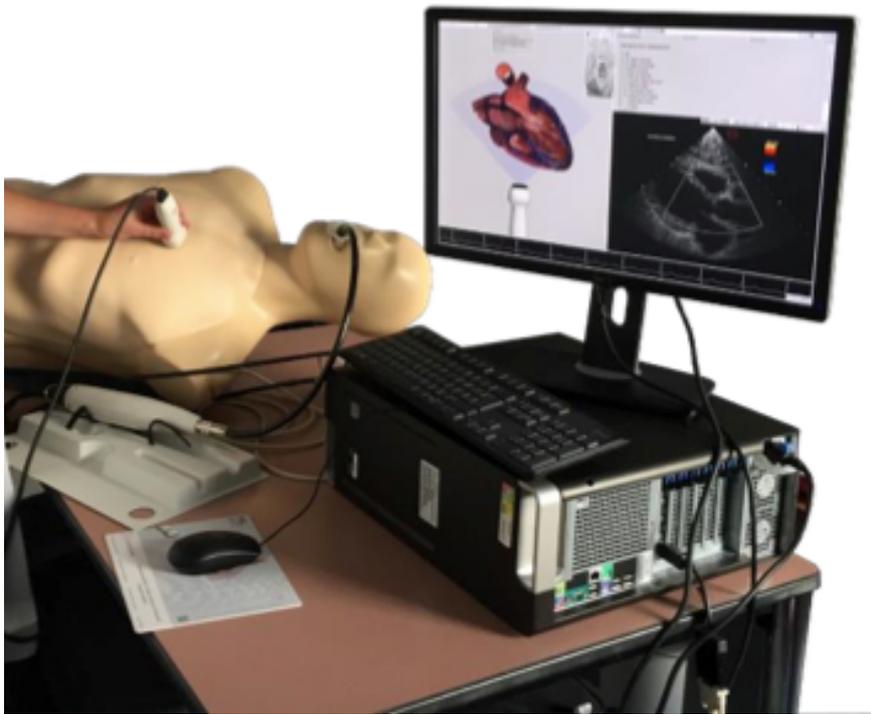


Figure 6 : Le mannequin de simulation en échocardiographie trans-thoracique Heartworks ®

Les modules de E-learning :

Il s'agit de trois vidéos réalisées par le Professeur Stéphane LAFITTE (CHU et Université de Bordeaux), validées par la Filiale d'Imagerie de la Société Française de Cardiologie dans le cadre de la plate-forme CARDIMAGE. Ces vidéos enseignent les bases de l'échocardiographie cardiaque.

Le module 1 dure 33 minutes. Il explique les généralités sur la réalisation d'une échocardiographie et les bases de la technique échographique (les ultrasons et leur propagation dans l'organisme, les fenêtres ultrasonores, la position du patient, la tenue de la sonde, la technique de la recherche des coupes, les réglages de la machine, le rendu des images à l'écran, le nettoyage de la sonde).

Le module 2 dure 38 minutes, et enseigne la technique d'obtention des cinq vues de référence en échoscopie cardiaque, définit les structures cardiaques visualisées, ainsi que les critères de

qualité pour chaque coupe, avec une corrélation entre les images obtenues selon l'orientation du faisceau et l'anatomie cardiaque sous-jacente, en 3 dimensions.

Le module 3 dure 32 minutes, et concerne l'interprétation des images : il explique comment reconnaître de manière qualitative ou semi quantitative une dilatation des structures cardiaques (ventricule gauche ou droit, oreillette gauche ou droite, veine cave inférieure, aorte), une hypertrophie des ventricules, une dysfonction du ventricule droit ou gauche, une fuite mitrale sévère ou un rétrécissement aortique calcifié serré.

La plateforme Evalbox :

Il s'agit d'un logiciel hébergé à l'adresse www.evalbox.com dédié à l'éducation, l'entraînement, le recrutement, l'évaluation ou la certification. Nous avons créé un test comportant 122 boucles d'échoscopie cardiaque, de cœurs sains ou pathologiques, que nous avons mis en ligne. Les principales anomalies cardiaques représentées sur les boucles étaient la présence d'un ventricule gauche dilaté, une dysfonction du ventricule gauche modérée, moyenne ou importante, des troubles de la cinétique segmentaire, une hypertrophie du ventricule gauche, un ventricule droit dilaté, hypokinétique, un épanchement péricardique peu abondant, moyennement abondant ou très abondant.

Tous les élèves participant à la formation étaient inscrits, et recevaient un identifiant et un mot de passe pour pouvoir se connecter à Evalbox. Pendant la phase d'entraînement, les étudiants avaient accès aux boucles de manière illimitée (*Figure 7*), pendant plusieurs semaines.

Lorsqu'une boucle apparaissait, la description de la coupe était masquée. Lorsque l'élève cliquait sur la carte flash, une description précise de la boucle et de ses éventuelles anomalies apparaissait.

Nous avons utilisé cette même plate-forme pour la phase d'évaluation théorique.

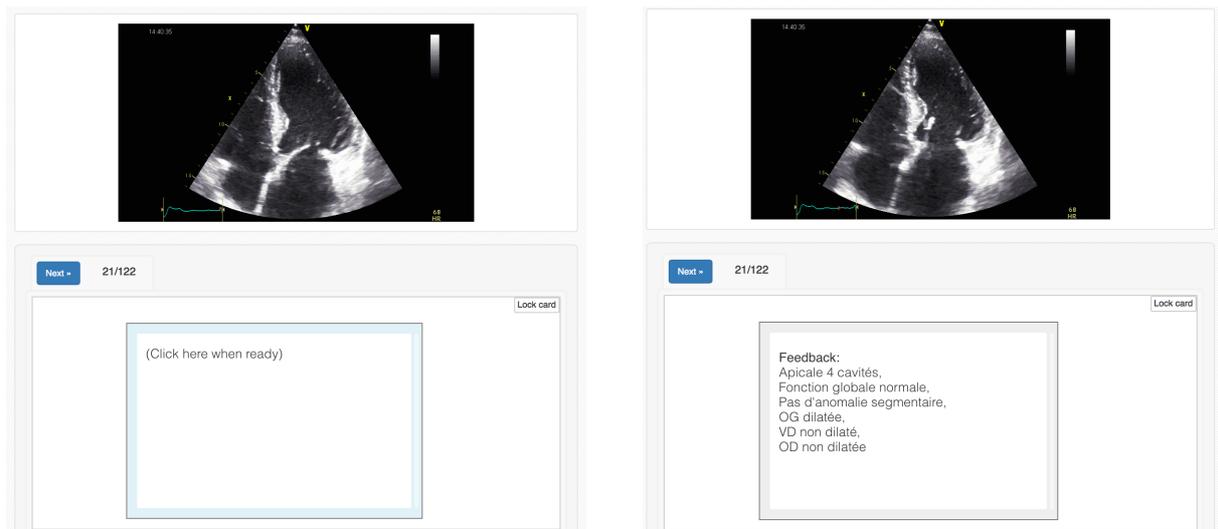


Figure 7 : Plateforme Evalbox, permettant une auto-formation différée à l'interprétation de l'échoscopie cardiaque

Les échocardiographes

Les trois échographes du laboratoire des Explorations fonctionnelles cardiaques non invasives ont été utilisés pour la formation et l'évaluation pratique des étudiants : un échographe Vivid E9 GE Healthcare, un Vivid S70 GE Healthcare, et un Siemens SC2000.

Déroulement de la formation (Annexe 1)

Ce programme d'autoformation en échoscopie cardiaque comporte 3 phases :

1. Une journée d'autoformation avec e-learning et mannequin de simulation à disposition
2. Une demi-journée en immersion au laboratoire d'échocardiographie pour autoformation en situation réelle
3. Une formation à l'interprétation en accès libre sur internet sur la plate-forme Evalbox

Phase 1

La formation débutait par un « Pré-Test », c'est à dire une évaluation initiale des connaissances de l'étudiant, et dont l'objectif était de s'assurer de l'absence de pratique de l'échocardiographie cardiaque avant la formation. Ce test était réalisé sur le mannequin de simulation.

Puis par petits groupes de 2 à 3 par session, les étudiants étaient laissés en immersion, pendant 5 à 6 heures, dans un environnement comprenant le mannequin de stimulation et un écran sur lequel étaient projetés les modules 1, 2 et 3 des cours d'échoscopie cardiaque en E-learning. Les étudiants pouvaient regarder les vidéos à leur rythme, et s'entraîner en même temps sur le mannequin de stimulation. Une personne était disponible à tout moment pour aider en cas de difficulté technique, à la demande des élèves.

A la fin cette phase, lorsque les étudiants avaient fini de visualiser les modules, un nouveau test, appelé « Post-Test » était réalisé sur le mannequin de simulation, identique au Pré-test. Il permettait d'évaluer l'acquisition des connaissances à la fin de la formation théorique.

Phase 2

L'étape suivante se déroulait un autre jour (date choisie par l'étudiant parmi une liste de dates), au laboratoire d'échographie cardiaque. Chaque étudiant s'entraînait à retrouver les coupes d'échoscopie cardiaque en situation réelle, sur au moins 10 patients consécutifs programmés pour une échographie cardiaque. Le consentement du patient était demandé à chaque fois, après lui avoir donné des explications claires et adaptées. L'étudiant devait retrouver sans aide les coupes qu'il avait appris à réaliser lors de la formation théorique. L'encadrement lors de cette étape était de type passif, c'est à dire que l'étudiant devait solliciter le sénior pour avoir des explications complémentaires. Cette étape durait environ 4 à

5 heures. Un nouveau test appelé « évaluation » était ensuite réalisé selon les mêmes modalités que précédemment, cette fois-ci en situation réelle sur un patient.

Phase 3

Puis l'étudiant recevait un lien vers la plateforme Evalbox pour s'entraîner à reconnaître les coupes normales et pathologiques, comme décrit précédemment. Après environ deux à trois mois, l'étudiant recevait le lien pour l'évaluation, toujours sur Evalbox.

Evaluation des étudiants

Celle-ci se faisait en 3 étapes distinctes : une évaluation pratique sur le mannequin de simulation après la journée de formation (pré test et post test), une évaluation pratique sur patient et une évaluation théorique pour l'interprétation des images sur la plate-forme Evalbox.

Les étudiants étaient évalués par un « pré-test » avant le début de la formation, un « post-test » à la fin de la formation sur mannequin, puis par une « évaluation » sur patient à la fin de la formation pratique. Les items des trois tests étaient identiques (*Figure 8*). Les tests étaient chronométrés, et réalisés par deux évaluateurs, possédant le DIU d'échocardiographie cardiaque de niveau 2, un évaluateur sénior, et un évaluateur junior formé à la notation des élèves par l'évaluateur sénior. Toutes les boucles de l'évaluation pratique étaient revues par l'évaluateur sénior, en aveugle sur le résultat du pré et du post-test.

Concernant l'évaluation de la pratique, l'étudiant était évalué sur sa capacité à obtenir les cinq coupes de référence en échoscopie cardiaque (vue para-sternale grand axe, vue para-sternale petit axe, vue apicale des quatre cavités, vue apicale des deux cavités, vue sous costale). Pour chaque coupe, cinq critères étaient notés de 1 (mauvais) à 5 (très bien) : la qualité de la coupe, la qualité de l'image, la visualisation des structures, l'interprétabilité, et la stabilité des

images. Au cas où l'étudiant n'arrivait pas à trouver la coupe, une note de 1/5 était attribuée à tous les items de la coupe, et le temps d'acquisition de la coupe n'était pas compté (Figure 8).

1. Vue parasternale grand axe	- Temps d'obtention de la coupe (en sec) :					
	- Qualité de la coupe	1	2	3	4	5
	- Qualité de l'image	1	2	3	4	5
	- Visualisation des structures	1	2	3	4	5
	- Interprétabilité	1	2	3	4	5
	- Stabilité des images	1	2	3	4	5
2. Vue parasternale petit axe	- Temps d'obtention de la coupe (en sec) :					
	- Qualité de la coupe	1	2	3	4	5
	- Qualité de l'image	1	2	3	4	5
	- Visualisation des structures	1	2	3	4	5
	- Interprétabilité	1	2	3	4	5
	- Stabilité des images	1	2	3	4	5
3. Vue apicale 4 cavités	- Temps d'obtention de la coupe (en sec) :					
	- Qualité de la coupe	1	2	3	4	5
	- Qualité de l'image	1	2	3	4	5
	- Visualisation des structures	1	2	3	4	5
	- Interprétabilité	1	2	3	4	5
	- Stabilité des images	1	2	3	4	5
4. Vue apicale 2 cavités	- Temps d'obtention de la coupe (en sec) :					
	- Qualité de la coupe	1	2	3	4	5
	- Qualité de l'image	1	2	3	4	5
	- Visualisation des structures	1	2	3	4	5
	- Interprétabilité	1	2	3	4	5
	- Stabilité des images	1	2	3	4	5
5. Vue sous-costale	- Temps d'obtention de la coupe (en sec) :					
	- Qualité de la coupe	1	2	3	4	5
	- Qualité de l'image	1	2	3	4	5
	- Visualisation des structures	1	2	3	4	5

Figure 8 : Evaluation de la pratique : Items du Pré test, du Post-test sur mannequin et de l'évaluation pratique sur patient

Pour l'interprétation théorique à l'interprétation des images, un nouveau lien était envoyé par mail aux étudiants inscrits, permettant l'accès à l'évaluation théorique. Celle-ci comportait 25 boucles choisies parmi les boucles d'entraînement, identiques pour tous les élèves. Pour chacune, l'étudiant avait 116 secondes pour répondre à une question type QCM (*Figure 9*). L'évaluation était notée sur 20.



Figure 9 : Evaluation théorique sur Evalbox

Questionnaire de satisfaction

Un questionnaire de satisfaction était envoyé à la fin de la formation. L'étudiant était contacté par mail ou par téléphone, et devait donner une note de 1 (mauvais) à 10 (excellent) concernant son appréciation sur la formation sur mannequin de simulation, la formation en situation réelle, et la formation différée en E-learning sur Evalbox. Il était demandé à l'étudiant s'il recommanderait la formation à un autre étudiant, et il pouvait émettre des suggestions pour améliorer la formation. Il était également demandé aux étudiants ayant interrompu la formation le motif d'arrêt (*Figure 10*).

1 : Sur une note de 1 à 10/10, quelle a été votre appréciation de la formation sur mannequin de simulation ?

2 : Sur une note de 1 à 10/10, quelle a été votre appréciation de la formation en situation réelle ?

3 : Sur une note de 1 à 10/10, quelle a été votre appréciation sur la formation différée sur Evalbox ?

4 : Recommanderiez-vous cette formation à un autre étudiant ?

5 : Auriez-vous des suggestions ou remarques pour améliorer la formation ?

6 : (uniquement en cas d'arrêt de la formation) : Pour quelle raison avez-vous interrompu la formation ?

Figure 10 : Questionnaire de satisfaction

Analyse statistique :

L'analyse statistique a été réalisée sur Excel. La distribution des valeurs ne suivait pas une loi normale. Un test de Wilcoxon a donc été utilisé pour comparer le temps pour trouver les coupes, et les moyennes des notes obtenues pour chaque type de coupe, après la formation sur mannequin de simulation et après la formation en situation réelle. Une valeur de p inférieure à 0,05 était considérée comme significative.

Pour la comparaison de la qualité des coupes, la méthode statistique du χ^2 de Mac Nemar étaient utilisée. Là encore, on considérait qu'il existait une différence statistiquement significative lorsque p était inférieur à 0,05.

Lorsque l'étudiant ne trouvait pas la coupe demandée, le temps passé à chercher la coupe n'était pas compté, et la coupe n'était pas notée. En revanche, si l'étudiant présentait une coupe ne correspondant pas à celle demandée (en particulier pour le pré test), ou lorsque la coupe était aberrante, le temps était compté, et la coupe était notée selon les critères habituels.

Résultats

27 étudiants ont été inclus dans le Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) de Tours, entre novembre 2016 et août 2017. 5 étaient des internes de cardiologie, 3 des internes d'anesthésie réanimation, 12 des internes en médecine préparant le DESC d'urgence, 3 étaient assistants aux urgences, 1 était PH contractuel aux urgences. Les caractéristiques de la population de l'étude sont présentées dans *le tableau 1*.

	Cardiologie (n = 5)	Urgences (n = 19)	Anesthésie- Réanimation (n = 3)
Nombre (%)	5 (18,5)	19 (70,4)	3 (11,1)
Age moyen	25	27	27
Genre (F/M)	1/4	11/8	1/2
Grade:			
Interne	5	12	3
Semestre 1	5	0	0
Semestre 2	0	10	1
Semestre 4	0	1	1
Semestre 5	0	1	0
Semestre 8	0	0	1
Assistant	0	6	0
PH contractuel	0	1	0

Tableau 1 : Caractéristiques de la population de l'étude : nombre d'étudiants par spécialité, âge, grade.

L'âge moyen des étudiants était de 27 ans. Parmi les 27 étudiants inclus dans l'étude, tous ont réalisé la formation pratique sur mannequin de simulation, 19 ont réalisé la formation en situation réelle au laboratoire d'échocardiographie, 11 se sont connectés et entraînés sur Evalbox, et 10 ont réalisé l'évaluation finale sur Evalbox (Figure 11).

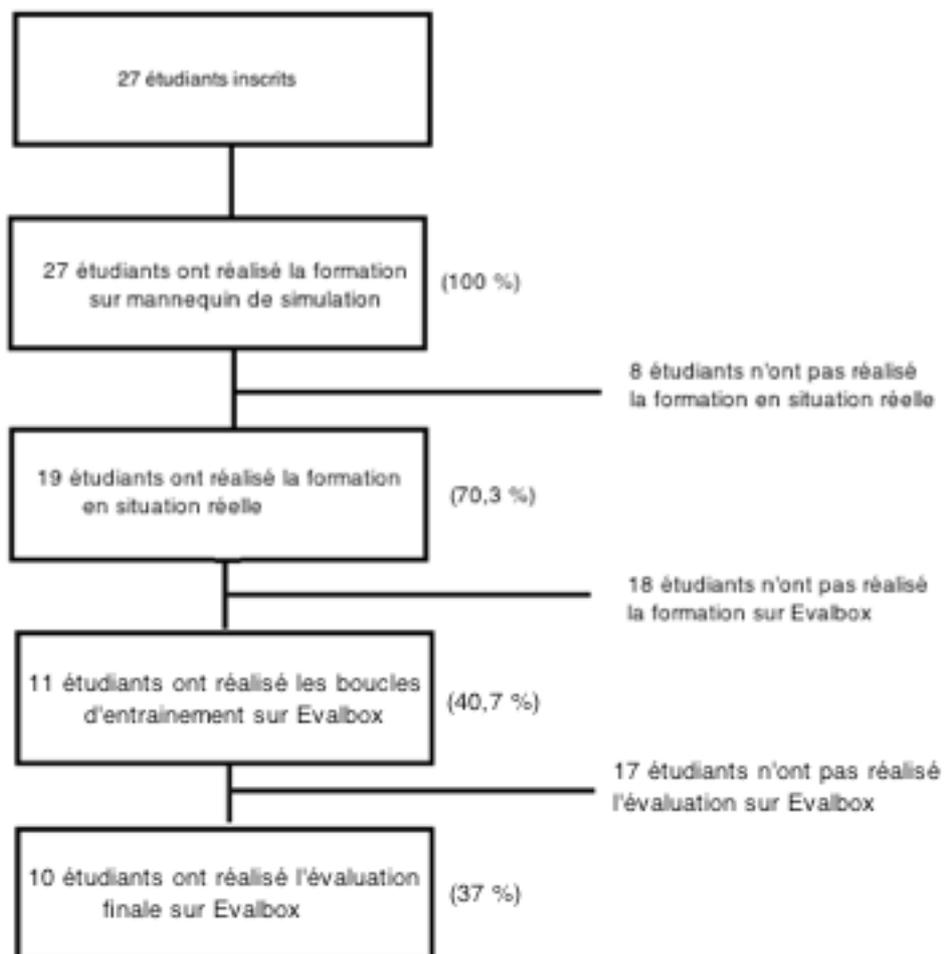


Figure 11 : Diagramme de flux de la population de l'étude

Capacité à obtenir les coupes de référence

Lors du pré test, parmi les 27 étudiants, 12 (44,4 %) ne trouvaient pas la coupe sous costale, 6 (22,2 %) ne trouvaient pas la coupe apicale des quatre cavités, et 15 (55,5 %) ne trouvaient pas la coupe apicale des deux cavités.

A la fin de la formation sur mannequin de simulation, les 27 étudiants (100%) de l'étude étaient capables d'obtenir les cinq vues de référence en échoscopie cardiaque sur le mannequin (*Tableau 2*). En situation réelle, parmi les 19 étudiants ayant participé à cette étape, un seul étudiant ne trouvait pas la coupe para-sternale petit axe, un étudiant ne retrouvait pas la coupe apicale des deux cavités, et deux ne retrouvaient pas la coupe sous costale (*Tableau 2*).

Temps pour obtenir la coupe de référence

Tous les étudiants obtenaient les cinq coupes de références en échoscopie cardiaque en moins d'une minute sur mannequin de simulation (*Tableau 2*). Concernant l'évaluation en situation réelle, les temps d'obtention étaient significativement plus élevés pour 3 coupes cardiaques. Il fallait en moyenne 30 ± 18 secondes pour obtenir la coupe apicale des quatre cavités, contre 93 ± 60 secondes lors de la formation en situation réelle ($p = 0,0001$), et 36 ± 23 secondes en moyenne pour obtenir la coupe sous costale après la formation par la simulation, versus 44 ± 33 secondes à la fin de la formation en situation réelle, ($p = 0,54$). Pour la coupe para-sternale grand axe, il fallait en moyenne 25 ± 11 secondes pour obtenir la coupe après la formation sur mannequin de simulation contre 46 ± 28 secondes en moyenne lors de la formation en situation réelle.

Qualité des coupes obtenues

Lors du pré test, la note moyenne des étudiants ayant obtenu une coupe apicale des quatre cavités était de 2,3, versus 1,5 en moyenne pour la coupe sous costale (*Figure 12*).

Après la formation sur mannequin de simulation, 92,6% des étudiants avaient une coupe apicale des quatre cavités de bonne qualité (définie par une note de 4 ou 5 sur 5), et 89,5 % à la fin de la formation en situation réelle (Tableau 2). La note moyenne pour cette coupe était de 4,3 sur 5 après la formation sur mannequin et de 4,2 après la formation sur patient. Concernant la coupe sous costale, la note était bonne pour 81,5% et 70,6 % des étudiants après la formation sur mannequin de simulation et après la formation en situation réelle, respectivement. La note moyenne y était de 4,1, contre 3,8 après la fin de la formation en situation réelle (p non significatif).

	Nombre d'étudiants ayant obtenu la coupe		Temps moyen pour obtenir la coupe (secondes +/- écart type)		Note moyenne pour la qualité de la coupe			Nombre d'étudiants ayant obtenu une coupe de bonne qualité		
	Après formation mannequin (n = 27)	Après formation en situation réelle (n = 19)	Après formation mannequin	Après formation en situation réelle	Après formation mannequin	Après formation en situation réelle	Valeur de p	Après formation mannequin	Après formation en situation réelle	Valeur de p
Coupe parasternale grand axe	27 (100%)	19 (100%)	25 +/- 11	46 +/- 28	4,2	4	p = 0,001	24/27 (88,9%)	13/19 (68,4%)	NS
Coupe parasternale petit axe	27 (100%)	18 (94,7%)	24 +/- 16	46 +/- 56	4,3	4,1	p = 0,052	24/27 (88,9%)	14/18 (77,8%)	p = 0,4
Coupe apicale 4 cavités	27 (100%)	19 (100%)	30 +/- 18	93 +/- 60	4,3	4,2	p = 0,0001	25/27 (92,6%)	17/19 (89,5%)	NS
Coupe apicale 2 cavités	27 (100%)	18 (94,7%)	23 +/- 13	43 +/- 42	3,6	3,7	p = 0,04	16/27 (59,3%)	9/18 (50%)	NS
Coupe sous costale	27 (100%)	17 (89,5%)	36 +/- 23	44 +/- 33	4,1	3,8	p = 0,54	22/27 (81,5%)	12/17 (70,6%)	p = 0,4

Tableau 2 : Temps moyen, qualité des coupes, et nombre d'étudiants ayant obtenus la coupe demandée, après formation sur mannequin de simulation puis en situation réelle. NS = Non significatif, NE = Non évaluable.

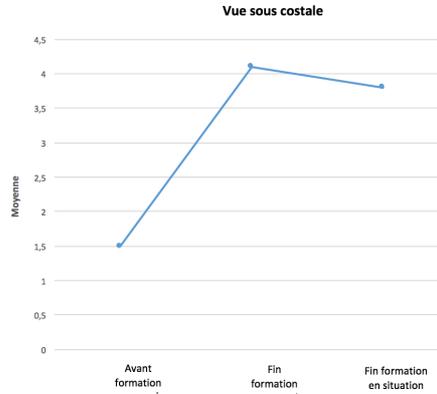
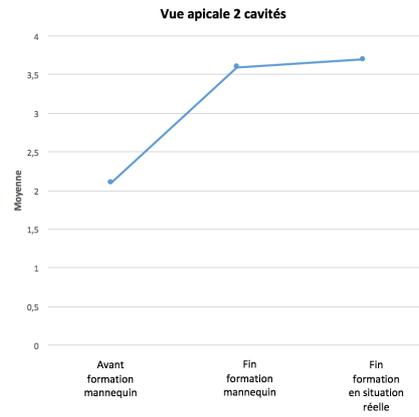
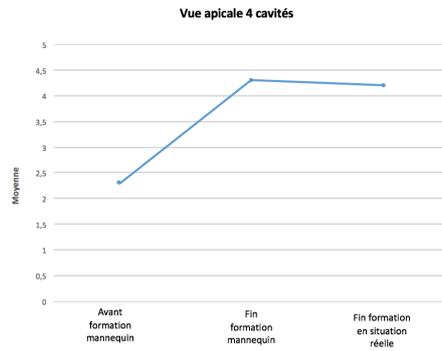
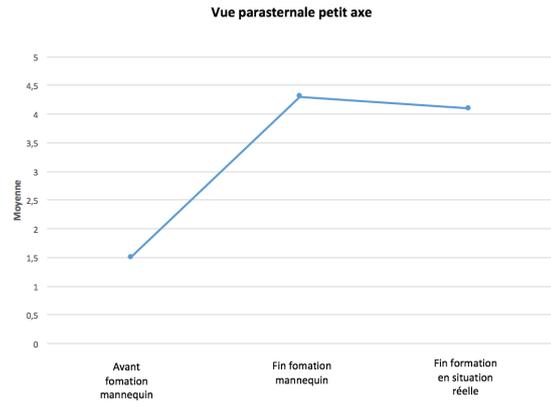
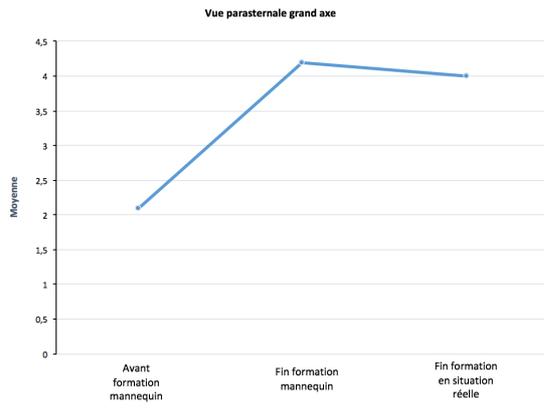
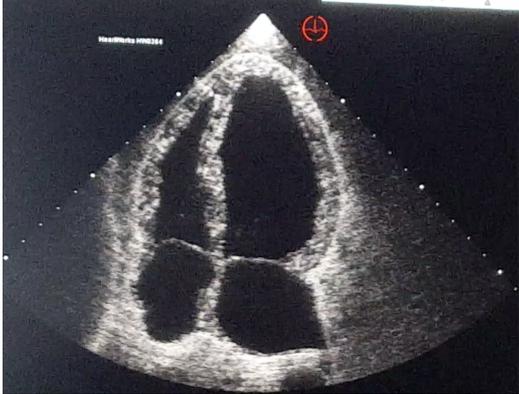


Figure 12 : Moyenne de la qualité de la coupe obtenue avant et après la formation sur mannequin de simulation, puis à la fin de la formation en situation réelle

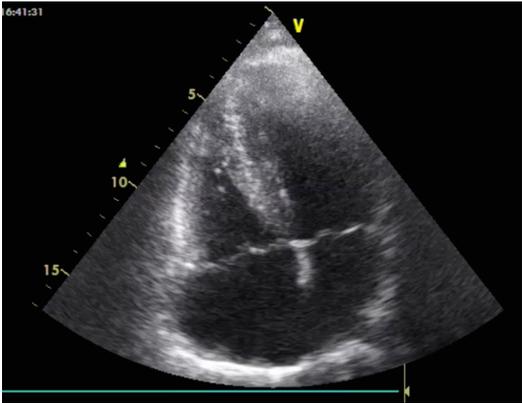
Exemples : vue apicale des quatre cavités



Pré test



Post test



Evaluation

Evaluation sur Evalbox

11 étudiants se sont connectés sur Evalbox pour s'entraîner à l'interprétation des coupes cardiaques normales et pathologiques en E-learning, et seulement 5 ont réalisé les 122 boucles proposées. La note moyenne obtenue pour les 10 élèves ayant passé l'évaluation était de 14,8 sur 20, et de 13,9 sur en excluant les internes de cardiologie (*Tableau 3*).

	Nombre d'étudiants évalués / nombre d'étudiants inscrits par spécialité	Moyenne par spécialité (/20)	Moyenne globale toutes spécialités (/20)	Moyenne globale avec exclusion des internes de cardiologie (/20)
Urgences	5/19	14	14,8	13,9
Anesthésie-Réanimation	2/3	13		
Cardiologie	3/5	17		

Tableau 3 : Résultats de l'évaluation sur Evalbox : nombre d'étudiants ayant passé l'évaluation, moyenne obtenue globale et par spécialité

Questionnaire de satisfaction

Les 21 étudiants ayant rempli le questionnaire de satisfaction recommanderait la formation. La note moyenne, toutes spécialités confondues, de l'appréciation de la formation sur mannequin de simulation était de 9/10, alors qu'elle était de 7,7 et 7,3 sur 10 pour la formation en situation réelle et sur Evalbox, respectivement. La cause la plus fréquente donnée pour l'arrêt prématuré de l'étude était le manque de temps disponible pour se former. Dans le sous-groupe des internes de cardiologie, l'appréciation globale de la formation en situation réelle est de 6,7/10 (*Tableau 4*). Par contre, la note moyenne pour la formation sur mannequin de simulation y était de 8,7/10.

	Note moyenne formation sur mannequin de simulation (/10)	Note moyenne pour la formation en situation réelle (/10)	Note moyenne pour la formation sur Evalbox (/ 10)	Nombre d'étudiants qui recommanderaient la formation
Urgences (n=13)	9,1	8	7,4	13/13
Anesthésie réanimation (n=3)	8,7	9	7	3/3
Cardiologie (n= 5)	8,7	6,7	7	5/5
Toutes spécialités confondues (n=21)	9	7,7	7,3	

Tableau 4 : Résultats du questionnaire de satisfaction selon les spécialités : note moyenne sur 10 concernant l'appréciation de l'étudiant pour la formation sur mannequin de simulation, en situation réelle, et sur Evalbox

Discussion

Notre étude a montré qu'un programme d'autoformation de courte durée combinant du E-learning et de la formation sur mannequin de simulation était suffisant pour permettre l'obtention rapide des principales coupes d'échoscopie cardiaque. Les coupes obtenues étaient de bonne qualité et acquises rapidement. La formation différée sur une plate-forme numérique permettait aux étudiants de se former à l'interprétation des images et d'apprendre à reconnaître les principales anomalies détectables en échoscopie cardiaque. Ce programme est pionnier dans la formation des jeunes internes de plusieurs spécialités (cardiologie, médecine d'urgence et anesthésie-réanimation). L'intérêt est aussi de pouvoir les former rapidement en début d'internat afin d'acquérir de l'expérience tout au long de leur spécialisation et ainsi avoir acquis une autonomie en fin de parcours pour leur pratique clinique.

Niveau de compétence acquis

En échoscopie cardiaque, la coupe apicale 4 cavités et la coupe sous costale sont les 2 coupes les plus informatives. Les notes obtenues pour cette coupe sont très bonnes après la formation sur mannequin de simulation, puisque la note moyenne pour les deux coupes était entre 4 et 5/5. Lors de la formation en situation réelle, la coupe apicale des quatre cavités était toujours de bonne qualité, mais la qualité de la coupe sous costale était moins bonne, avec une note moyenne inférieure à 4/5. Pourtant, la fenêtre sous-costale est une voie d'urgence, fondamentale à maîtriser. Il est à noter qu'un patient ne possédait pas de sous costale, et un autre était douloureux, rendant la réalisation des coupes plus délicate. Les coupes de référence en échoscopie cardiaque étaient obtenues en situation réelle en moins d'une minute en moyenne, sauf la coupe apicale des quatre cavités, pour laquelle il fallait aux étudiants en moyenne 1 minute et trente secondes. La coupe sous costale était réalisée en moyenne en 44

secondes. Cette notion de temps est importante dans la formation. L'échoscopie cardiaque est la prolongation de l'examen clinique dans certaines situations, dans d'autres c'est une aide au diagnostic en urgence. Il est donc fondamental de savoir réaliser rapidement les coupes qui seront informatives. D'ailleurs, deux études analysant des programmes de formation en échoscopie cardiaque exigeaient dans leurs critères de réussite qu'une boucle soit acquise en moins de 90 secondes (26, 24). Cet objectif a été atteint dans notre étude. Concernant l'interprétation des images, la note moyenne obtenue lors de l'évaluation à l'interprétation des anomalies cardiaques sur Evalbox était de 13,9 sur 20, après exclusion des internes de cardiologie. Ces résultats sont encourageants après une formation de courte durée et montrent la pertinence de la combinaison d'un module de E-learning expliquant comment analyser les images avec ensuite l'accès à une plate-forme permettant de voir une centaine de boucles. La visualisation de l'anatomie cardiaque tridimensionnelle sur le mannequin de simulation lors de la phase d'apprentissage favorise l'intégration des concepts anatomiques, fonctionnels à relier à l'imagerie ultrasonore.

De la simulation au réel

Les notes obtenues à la fin de la formation pratique en situation réelle étaient inférieures à celles obtenues après la formation sur mannequin de simulation, pour toutes les coupes, sauf la coupe apicale des deux cavités, même s'il n'existe pas de différence statistiquement significative. Une raison pourrait être la différence d'échogénicité évidente entre le mannequin de simulation et les patients en situation réelle. Cette mauvaise échogénicité rend les coupes plus difficiles à obtenir et de moins bonne qualité. La notation pour la partie pratique était réalisée sur un patient présent au laboratoire d'échographie cardiaque pendant l'évaluation, sans sélection au préalable. Une autre hypothèse pour expliquer la diminution des notes serait une formation pratique insuffisante. Dans cette étude, l'étudiant devait réaliser au minimum 10 échographies avant d'être évalué. Si l'on intègre à ces résultats les données

du questionnaire de satisfaction, cette phase du programme serait à reformater. Il pourrait être proposé de réaliser un nombre plus important d'examens, ou de réaliser une deuxième journée de mise en situation réelle. La question se pose aussi pour le type d'accompagnement à proposer. Dans le cadre de ce programme d'autoformation, l'encadrement était de type passif. Parmi les suggestions émises par les étudiants, la présence d'un enseignant au côté de l'étudiant lors de la réalisation des coupes d'échoscopie cardiaque en situation réelle pourrait être bénéfique en permettant de corriger et donc d'améliorer la coupe obtenue. Cet accompagnement pourrait être renforcé, sachant que cela nécessiterait du temps d'enseignement plus important.

La transition d'un enseignement sur mannequin de simulation à une situation réelle est un point à appréhender dans toute formation utilisant la simulation. Les bénéfices éthiques et pédagogiques de la simulation sont maintenant clairement admis et l'enseignement par simulation intègre les différents niveaux de formation des étudiants en médecine d'après le principe du « jamais la première fois sur le patient ». L'étudiant est rapidement mis en confiance et apprécie ce mode de formation plus ludique. Selon le modèle de Kirckpatrick (27), il existe quatre niveaux dans l'évaluation d'un processus d'apprentissage : le degré de satisfaction de l'étudiant, l'acquisition de compétences, le changement des pratiques, puis l'impact clinique. Le transfert de connaissances entre la simulation et la mise en situation réelle est une situation difficile à évaluer. Dans une méta analyse publiée en 2012 (19), les auteurs ont cherché à savoir si l'enseignement par la simulation de technique ultrasonores pour le diagnostic ou lors de certaines procédures interventionnelles permettait d'améliorer la capacité à réaliser ces examens en situation réelle. Parmi les 14 articles qui répondaient aux critères de l'étude, il n'y avait pas de preuve formelle en faveur d'une amélioration des capacités des étudiants ayant reçu un enseignement par la simulation, dans leur pratique clinique. Cependant, peu d'études proposaient une formation combinant de l'enseignement

par la simulation et de la mise en situation réelle, comme ce fut le cas dans notre étude. Pour toutes ces raisons, renforcer la partie pratique par la simulation ne nous semble pas bénéfique dans le processus d'apprentissage.

Développement de l'échoscopie cardiaque et besoins de formation

L'échoscopie cardiaque est une technique d'imagerie de plus en plus utilisée par de nombreuses spécialités. Les échographes utilisés pour cette technique sont souvent de petite taille, particulièrement adapté aux situations d'urgence médicale. Ces appareils ne permettent pas de réaliser une échocardiographie complète, mais la qualité des images obtenues est suffisante pour permettre de détecter les principales anomalies cardiaques. Dans une étude publiée en 2012 (28), les images cardiaques obtenues par un échoscope de poche, réalisé par un échographiste expérimenté, étaient comparées à celle obtenues avec un échocardiographe conventionnel. L'échoscope permettait d'obtenir une qualité d'image suffisante pour permettre le diagnostic d'une dysfonction systolique du ventricule gauche, d'une dilatation sévère du ventricule droit, d'un épanchement péricardique ou d'une dilatation de la veine cave inférieure. En raison de sa disponibilité, de sa portabilité, de son innocuité l'échoscope devient un outil, utilisé en complément de l'examen clinique. Devant l'extension rapide de l'utilisation de cette technique, les sociétés savantes ont établi des recommandations pour encadrer sa pratique. Dans les recommandations européennes et américaines, publiées en 2014 (4 et 29), il est rappelé que de nombreuses spécialités sont confrontées aux urgences cardiovasculaires, et que la pratique de l'échoscopie cardiaque n'est pas limitée aux cardiologues. Les anomalies cardiaques qui peuvent être détectées par l'échoscopie cardiaque sont clairement référencées : « un épanchement péricardique, une dysfonction ou une dilatation du ventricule droit ou gauche, l'état de volémie, et l'aide à la prise de décision pendant une réanimation cardio-pulmonaire ». Il est stipulé que la pratique de cet examen ne peut être réalisée que par un opérateur ayant été correctement formé et entraîné, et les sociétés

savantes encouragent les programmes d'éducation dans ce domaine. Le programme que nous proposons s'intègre dans cette démarche.

Actuellement un seul programme de formation universitaire en échoscopie (dont l'échoscopie cardiaque) est proposé en France (Université de Bordeaux). Peu de publications recensent des programmes testés, principalement en Europe du Nord (Danemark) ou aux Etats-Unis. Dans son étude, Heiberg (30) proposait un programme de formation à l'échoscopie comprenant une partie théorique en E-learning, puis une partie pratique par la réalisation de coupes d'échoscopie cardiaque, qui durait en tout environ 12 heures. Son étude a montré qu'après une formation de courte durée, les 16 étudiants étaient capables d'obtenir au moins une coupe d'échoscopie cardiaque interprétable (Annexe 2 : programme de formation de l'étude). Dans une autre étude publiée en 2012 par Frederiksen et al (26), des étudiants novices en échocardiographie étaient comparés à des experts ayant plus de 10 ans d'expérience en échographie cardiaque. Les novices en échographie obtenaient 86% d'images interprétables après seulement deux heures d'enseignement théorique et un entraînement sur 2 volontaires sains. Après réalisation de 10 échoscopies supervisées, les étudiants étaient capables d'obtenir 93% d'images interprétables (contre 100% pour les experts). Plusieurs autres études ont également montré qu'une formation de courte durée permettait d'obtenir des résultats satisfaisants (14, 31).

La question peut alors se poser de former tous les étudiants en médecine, avant même le choix de la spécialité, à l'échoscopie d'urgence, par ces programmes de courte durée. Aux Etats-Unis et au Canada, la formation à l'échoscopie est obligatoire dans le cursus des internes de médecine d'urgence.

Limites

Une des limites de cette étude était le faible nombre de participants ayant terminé la formation complète, soit les trois phases : seulement 17 ont terminé la formation en situation réelle sur les 27, et 10 ont réalisé la partie sur Evalbox. La raison évoquée était le manque de temps dédié à la formation dans leur semaine de travail, et le délai court de mise à disposition de l'interprétation sur Evalbox. Par ailleurs, 2 étudiants n'avaient pas pu réaliser la formation pratique dans les délais imposés pour ce projet de thèse. Le choix de la date de la formation sur mannequin de simulation et de la formation pratique, de la date de réalisation de l'entraînement puis de l'évaluation sur Evalbox étaient laissés au libre choix de l'interne selon ses contraintes cliniques. Il a été alors constaté de grandes disparités entre les étudiants dans les délais qui séparaient les différentes étapes de la formation. Il s'agit d'une limite à l'auto-formation : bien que celle-ci permette de répondre à la problématique du nombre important d'étudiants à former alors que le temps dédié à la formation diminue, ce mode d'apprentissage repose en grande partie sur la motivation de l'élève. De même, le E-learning, comme précédemment développé, permet une formation à distance, sans contrainte de temps ni d'espace. S'il présente de nombreux avantages comme la diversité des contenus qui peuvent être proposés à l'étudiant, il présente également comme principal inconvénient l'absence de contrôle de la motivation de l'apprenant, et son implication dans la formation. Pour certains étudiants, cette autonomie peut être difficile à gérer. Certaines solutions pourraient améliorer la motivation de l'étudiant, comme d'imposer la date de formation et d'examen, ou encore de rendre l'évaluation validante pour la formation de l'étudiant.

Ensuite, le mode d'évaluation des boucles d'échoscopie cardiaque, lors du pré test, du post test, puis lors de l'évaluation en situation réelle, avec une note variant de 1 (mauvais) à 5 (excellent) (*Figure 8*) peut être considéré comme une limite. En échographie cardiaque, il

existe des critères précis pour la qualité des images obtenues, mais il reste une part de subjectivité dont l'on ne peut s'affranchir. Pour limiter ce biais, les boucles réalisées à la fin de la formation en situation réelle étaient enregistrées et revues par l'évaluateur sénior en aveugle des résultats obtenus lors du pré et du post-test. Les évaluations étaient réalisées par deux évaluateurs, un senior, et un junior formé à la notation de de l'échoscopie cardiaque par l'évaluateur sénior.

Enfin, les internes de cardiologie doivent être considérés à part dans cette étude pour des raisons organisationnelles. Comme précédemment mentionné, la formation des internes de cardiologie à l'échoscopie cardiaque est très utile, puisqu'elle les rend rapidement autonome en stage ou en garde. Tous les internes de cardiologie ont été inclus dans le premier mois de leur internat. Par contre, les notes obtenues lors de l'évaluation sur Evalbox, qui a eu lieu plus de 9 mois après le début de leur internat, ont été exclues. Les internes de cardiologie n'étaient alors plus considérés comme novices en échocardiographie. La moyenne obtenue lors de l'examen témoigne de l'expérience qu'ils ont acquise depuis la formation.

Conclusion

En conclusion, cette étude montre qu'une formation de courte durée combinant du E-learning, de la formation sur mannequin de simulation, et une mise en situation réelle sur des patients, permettait aux étudiants de cardiologie, d'anesthésie réanimation et de médecine d'urgence, de réaliser les principales coupes d'échoscopie cardiaque, de bonne qualité, dans un délai court, adapté aux situations d'urgence.

La formation et en particulier la manipulation sur mannequin de simulation était appréciée par les étudiants, qui la recommanderaient à d'autres étudiants. Devant les résultats favorables de cette étude, la formation à l'échoscopie cardiaque va être mise en place pour les nouveaux internes de cardiologie, dès novembre 2017. Une évaluation de la persistance des acquis à long terme sera à évaluer.

Bibliographie

1. Haute Autorité de Santé - Echocardiographie Doppler Trans-thoracique : principales indications et conditions de réalisation. ©2012. [consulté le 16/10/2017]. Disponible sur : https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-11/texte_court_ett_octobre_2012_vd.pdf
2. Artigou JY, Monsuez JJ, coord. Société française de cardiologie, Artigou JY, Monsuez JJ. Cardiologie et maladies vasculaires. Paris: Masson; 2007.
3. Vignon P, Guéret P. Formation des réanimateurs à l'échographie cardiaque. Réanimation. 2004 Mar ;13(2) :126-130
4. Aleksandar NN, Thor E, Maurizio G, Madalina G, Giuseppe G, Ruxandra J, et Al. Focus cardiac ultrasound : the European Association of Cardiovascular Imaging viewpoint. Eur Heart J-Card Img. 2014 ;15:956-960.
5. Neskovic AN, Hagendorff A, Lancelotti P, Guarracino F, Varga A, Cosyns B, et Al. Emergency echocardiography : the European Association of Cardiovascular Imaging recommandations. Eur Heart J-Card Img. 2013 Jan;14(1):1-11.
6. Labovitz AJ, Noble VE, Bierig M, Goldstein SA, Jones R, Kort S, et Al. Focused Cardiac Ultrasound in the Emergent Setting : A Consensus Statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency
7. SisleyAC, Rozycki GS, Ballard RB, Namias NRapid detection of traumatic effusion using surgeon performed ultrasonography, J Trauma 44 : 291- 297, 1998
8. Adnet F, Galinski M, Lapostolle F. Echographie en traumatologie pour l'urgentiste : de l'enseignement à la pratique. Réanimation. 2004 Sept 19;13:465-470
9. Lumb P, Karakitsos D. Critical Care Ultrasound. Philadelphia:Elsevier ;2015
10. Duchenne J, Martinez M, Rothmann C, Claret PG, Desclefs JP, Vaux J, et Al. Premier niveau de compétence pour l'échographie en médecine d'urgence. 2016. Recommandations de la Société française de médecine d'urgence par consensus formalisé. Texte long.
11. Duchenne J, Martinez M, Rothmann C, Claret PG, Desclefs JP, Vaux J, et Al. Premier niveau de compétence pour l'échographie en médecine d'urgence. 2016. Recommandations de la Société française de médecine d'urgence par consensus formalisé. Texte long.

12. Réant P, Dijos M, Arsac F, Mignot A, Cadenaude F, Aumiaux A et Al. Validation of a new bedside echoscopic heart examination resulting in an improvement in echo-lab workflow. *Arch Cardiovasc Dis.* 2011;104:171-177.
13. Dijos M, Pucheux Y, Lafitte M, Réant P, Prevot A, Mignot A, et Al. Fast Track Echo of Abdominal Aortic Aneurysm using a Real Pocket-Ultrasound Device at Bedside. *Echocardiography.* 2012;29:285-290.
14. Amini r, Stolz LA, Javedani PP, Gaskin K, Baker N, Ng V, et Al. Point-of-care echocardiography in simulation-based education and assessment. *Advances in Medical Education and Practice.* 2016;7:325-328.
15. Arntfield R, Millington S, Ainsworth C, Arora R, Boyd J, Finlayson G, et Al. Canadian recommendations for critical care ultrasound training and competency. *Can Respir J.* 2014 Nov/Dec;21(6):341-345.
16. Haute Autorité de Santé - Rapport de mission. Etat de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé. Dans le cadre du développement professionnel continu (DPC) et de la prévention des risques associés aux soins ©2012. [consulté le 16/10/2017]. Disponible sur : https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2013-01/guide_bonnes_pratiques_simulation_sante_format2clics.pdf
17. Gosai J, Purva M, Gunn J. Simulation in cardiology : state of the art. *Eur Heart J.* 2015;36:777-783.
18. Goddard AF, Hodgson H, Newbery N. Impact of EWTD on patients : doctors ratios and working practices for junior doctors in England and Wales 2009. *Clin Med.* 2010;10:330-335.
19. Sidhu HS, Olubaniyi BO, Bhatnagar G, Shuen V, Dubbins P. Role of Simulation-Based Education in Ultrasound Practice training. *J Ultrasound Med.* 2012;31:785-791.
20. IDS. European Working Time Directive. IDS website. ©2003. [consulté le 17/10/2017]. Disponible sur : <http://incomesdata.co.uk/information/worktimedirective.htm>. Accessed
21. Bridges M, Diamond D. The financial impact of teaching surgical residents in the operating room. *Am J Surg.* 1999 Jan;177(1):28-32
22. Bernard A. *La Rabelaisienne.* 2016 Oct.
23. Ma IW, Brindle ME, Ronksley PE, Lorenzetti DL, Sauve RS, Ghali WA, et Al. Use of simulation-based education to improve outcomes of central venous catheterization : a systematic review and meta-analysis. *Acad Med.* 2011;86(9):1137-1147.

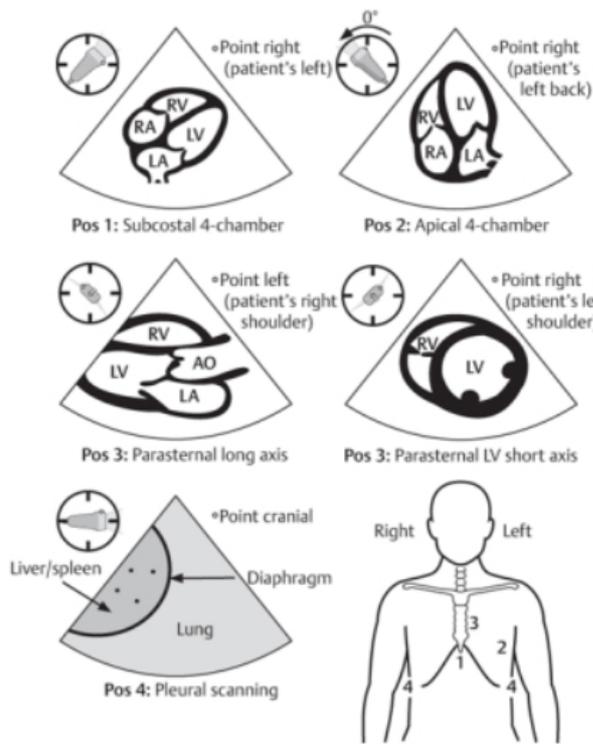
24. Neelankavil J, Kimberly HQ, Hsieh TC, Ramsingh D, Scovotti JC, Chua JH, et Al. Transthoracic Echocardiography Simulation Is an efficient Method to train Anesthesiologists in Basic Transthoracic Echocardiography skills. *Anesth Analg*. 2012 Nov;115(5):1042-1051.
25. Department of Health. A framework for Technology Enhanced Learning. London : Department of Health; 2011
26. Frederiksen CA, Juhl-olsen P, Nielsen DG, Eika B, Sloth E. Limited intervention improves technical skill in focus assessed transthoracic echocardiography among novice examiners. *Bmc MMC Med Educ*. 2012;12:65
27. Kirkpatrick DL. Evaluating training Programs : The Four Levels. 2nd ed. San Francisco, CA : BerrettKohler Publishers, 1998
28. Biais M, Carrié C, Delaunay F, Morel N, Revel P, Janvier G. Evaluation of a new pocket echoscopic device for focused cardiac ultrasonography in an emergency setting. *Crit Care*. 2012;16:R82.
29. Via G, Hussain A, Wells M, Hons B, Reardon R, Elbarbary M, et Al. International evidence-based recommendations for focused cardiac ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014 Jul;27(7):683.e1-683.e33.
30. Heiberg J, Hansen LS, Wemmelund K, Sorensen AH, Ilkjaer C, Cloete E, et Al. Point-of-care Clinical Ultrasound for Medical Students. *Ultrasound International Open*. 2015;1:E58-E66
31. Neelankavil J, Howard-Quijano K, Hsieh TC, Ramsingh D, Scovotti JC, Chua JH, et Al. Transthoracic echocardiography simulation is an efficient method to train anesthesiologists in basic transthoracic Echocardiography Skills. *Anesth Analg*. 2012 Nov;115(5):1042-51.

Annexes :

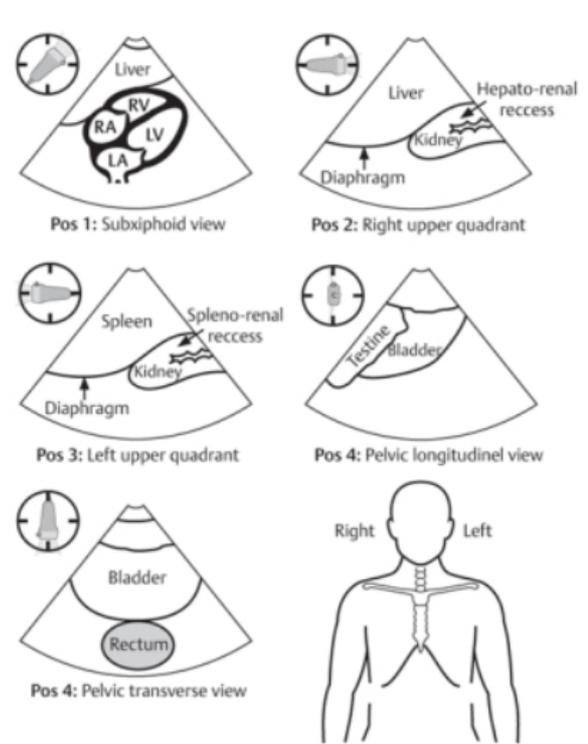
Objectifs	Validation d'une autoformation en échoscopie cardiaque combinant du e-learning et de la manipulation sur mannequin de simulation. Objectifs : 1. Obtention des 5 coupes de référence de l'échoscopie cardiaque (parasternale grand axe, parasternale petit axe, apicale 4 cavités et apicale 2 cavités, sous costale) interprétables par un expert 2. Interprétation des principales anomalies en échoscopie cardiaque
Cibles	Novices en échoscopie cardiaque : - internes d'anesthésie réanimation - internes de cardiologie 1 ^{er} semestre - internes de médecine d'urgence - étudiants en médecine
Critères d'inclusion	- Avoir moins de 35 ans - Diplôme du CSCT - Pas de pratique de l'échocardiographie
Critères d'exclusion	- Formation pratique à l'échocardiographie - DIU d'échocardiographie - DU d'échoscopie - DIU TUSAR (Techniques <u>UltraSoniques</u> en Anesthésie et Réanimation) - DIU d'échographie appliquée à l'urgence
Durée d'inclusion	6 mois
Méthodes	- Evaluation de la progression par un pré-test et un post-test - Comparer les résultats de l'évaluation par rapport au standard de compétences obtenu sur un panel d'experts
Matériel pédagogique	- modules 1, 2 et 3 de cours d'échoscopie cardiaque en e-learning - mannequin de simulation en échocardiographie <u>transthoracique Heartworks®</u> - banque de 150 cas d'échoscopie en e-learning (plate-forme <u>Eva box</u>)
Plan de formation	1. Pré-test sur mannequin de simulation 2. Programme de 6h de formation (2 ou 3 étudiants par session) en immersion dans un environnement incluant le matériel pédagogique décrit ci-dessus, et formation en situation réelle chez 6 à 10 patients 3. Post-test sur mannequin de simulation 4. Auto-formation à l'interprétation en différé: 150 cas d'échoscopie cardiaque en e-learning non présentiel (accessibles pendant 7 jours consécutifs) 5. Evaluation
Evaluation	- Pratique : réalisation d'un examen d'échoscopie cardiaque sur un patient (note/10) - Théorique : interprétation qualitative de 20 boucles d'échoscopie cardiaque (note/10)
Critères de jugement	1. temps d'obtention des cinq coupes de référence (<60 s) et qualité des coupes (adéquation par rapport au plan de référence, score de 1 à 5) en situation réelle 2. interprétation qualitative (20 boucles <u>eva box</u>)

Annexe 1 : Validation d'un programme d'autoformation en échoscopie cardiaque pour les internes d'anesthésie-réanimation, de cardiologie, et de médecine d'urgence

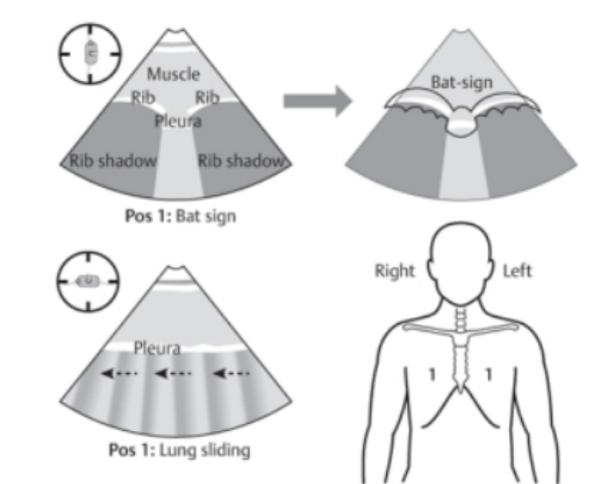
a Cardiac and pleural ultrasound



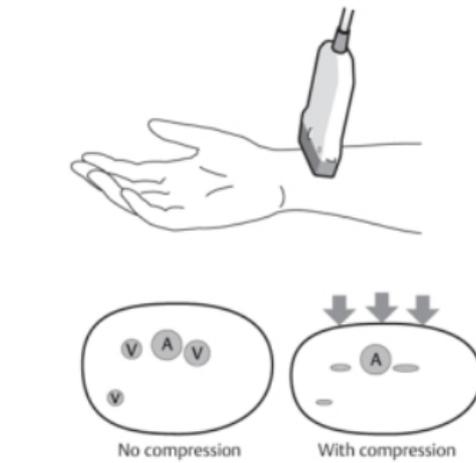
b Abdominal ultrasound



c Lung ultrasound (LUS)



d Vascular ultrasound



Vu, le Directeur de Thèse

Tours

Vu, le Doyen

De la Faculté de Médecine de

Tours, le

CHEMALY Pascale

76 pages – 4 tableaux – 12 figures – 2 annexes – 8 illustrations

Résumé :

Introduction : L'échoscopie cardiaque permet une évaluation rapide de la fonction cardiaque en situation d'urgence. La formation des médecins utilisant cette technique d'imagerie est primordiale.

L'objectif de cette étude était de valider un programme d'autoformation cardiaque combinant du E-learning et de la manipulation sur mannequin de simulation.

Méthodes : Sur la base du volontariat, 27 étudiants n'ayant jamais bénéficié de formation en échocardiographie, ont participé à ce programme. Il comportait une partie théorique avec du E-learning et manipulation sur mannequin de simulation, une partie pratique en situation réelle sur patient, et une partie en auto-formation à l'interprétation en différé sur une plateforme de E-learning appelée Evalbox. Une évaluation était réalisée à la fin de la formation théorique et de la formation pratique. Elle consistait en l'acquisition chronométrée des 5 coupes de référence en échoscopie cardiaque : chaque coupe était ensuite évaluée selon 5 critères de qualité sur une note de 1 à 5/5. Une évaluation finale d'interprétation de 25 boucles d'échoscopie cardiaque permettait l'obtention d'une note sur 20. Un questionnaire de satisfaction était envoyé aux étudiants à la fin de la formation.

Résultats : Parmi les 27 étudiants ayant terminé la formation sur mannequin de simulation, tous ont obtenu les cinq coupes de référence. Après la formation pratique, un étudiant n'avait pas trouvé la coupe parasternale petit axe, un n'avait pas la coupe apicale des deux cavités, et deux ne trouvaient pas la coupe sous costale. La note moyenne obtenue pour la réalisation de la coupe sous costale était de 4,3 après la formation théorique, contre 4,2 après la formation pratique. Il fallait en moyenne 30 ± 18 secondes pour obtenir cette coupe après la formation théorique contre 93 ± 60 secondes après la formation pratique ($p = 0,001$).

En conclusion, ce programme d'autoformation montre des résultats très satisfaisants, notamment grâce à l'utilisation du mannequin de simulation qui permet à l'étudiant une mise en confiance rapide. L'acquisition des coupes de référence de qualité, dans un temps limité est un point essentiel de la formation en échoscopie cardiaque, autant que l'apprentissage à l'interprétation différée des boucles échocardiographiques.

Mots clés : *Auto-formation, mannequin de simulation, échoscopie cardiaque, E-learning, échocardiographie, échoscope de poche*

Jury :

Président du Jury :	Professeur Dominique BABUTY
Directeur de thèse :	Professeur Anne BERNARD
Membres du Jury :	Professeur Denis ANGOULVANT
	Professeur Francis REMERAND

Date de soutenance : Mercredi 25 octobre 2017