



**HAL**  
open science

## Formation des internes de médecine de première année aux coupes de bases de l'échocardiographie : mannequin vivant versus simulateur haute-fidélité

Paul Desbrest

### ► To cite this version:

Paul Desbrest. Formation des internes de médecine de première année aux coupes de bases de l'échocardiographie : mannequin vivant versus simulateur haute-fidélité. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03152117

**HAL Id: dumas-03152117**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03152117>**

Submitted on 25 Feb 2021

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

UNIVERSITE MONTPELLIER  
FACULTE DE MEDECINE MONTPELLIER-NIMES

**THESE**

Pour obtenir le titre de  
**Docteur en médecine**

Présentée et soutenue publiquement

Par

**PAUL DESBREST**

Le 30 Septembre 2020

Titre :

**FORMATION DES INTERNES DE MEDECINE DE PREMIERE ANNEE  
AUX COUPES DE BASES DE L'ECHOCARDIOGRAPHIE : MANNEQUIN  
VIVANT VERSUS SIMULATEUR HAUTE-FIDELITE.**

Directrice de thèse : Dr Ludivine TENDRON

Jury :

Monsieur le Professeur Pierre-Geraud CLARET

Président

Monsieur le Professeur Jean-Emmanuel de LA COUSSAYE

Monsieur le Professeur Guillaume CAYLA

Madame le Docteur Ludivine TENDRON

Assesseurs

UNIVERSITE MONTPELLIER  
FACULTE DE MEDECINE MONTPELLIER-NIMES

**THESE**

Pour obtenir le titre de  
**Docteur en médecine**

Présentée et soutenue publiquement

Par

**PAUL DESBREST**

Le 30 Septembre 2020

Titre :

**FORMATION DES INTERNES DE MEDECINE DE PREMIERE ANNEE  
AUX COUPES DE BASES DE L'ECHOCARDIOGRAPHIE : MANNEQUIN  
VIVANT VERSUS SIMULATEUR HAUTE-FIDELITE.**

Directrice de thèse : Dr Ludivine TENDRON

Jury :

Monsieur le Professeur Pierre-Geraud CLARET

Président

Monsieur le Professeur Jean-Emmanuel de LA COUSSAYE

Monsieur le Professeur Guillaume CAYLA

Madame le Docteur Ludivine TENDRON

Asseseurs

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2019 - 2020**

**PERSONNEL ENSEIGNANT**

**Professeurs Honoraires**

ALLIEU Yves	CALLIS Albert	JAFFIOL Claude	NAVRATIL Henri
ALRIC Robert	CANAUD Bernard	JANBON Charles	OTHONIEL Jacques
ARNAUD Bernard	CHAPTAL Paul-André	JANBON François	PAGES Michel
ASTRUC Jacques	CIURANA Albert-Jean	JARRY Daniel	PEGURET Claude
AUSSILLOUX Charles	CLOT Jacques	JOURDAN Jacques	PELISSIER Jacques
AVEROUS Michel	COSTA Pierre	LAFFARGUE François	POUGET Régis
AYRAL Guy	D'ATHIS Françoise	LALLEMANT Jean Gabriel	PUJOL Henri
BAILLAT Xavier	DEMAILLE Jacques	LAMARQUE Jean-Louis	RABISCHONG Pierre
BALDET Pierre	DESCOMPS Bernard	LAPEYRIE Henri	RAMUZ Michel
BALDY-MOULINIER Michel	DIMEGLIO Alain	LE QUELLEC Alain	RIEU Daniel
BALMES Jean-Louis	DUBOIS Jean Bernard	LESBROS Daniel	ROCHEFORT Henri
BALMES Pierre	DUJOLS Pierre	LOPEZ François Michel	ROUANET DE VIGNE LAVIT Jean Pierre
BANSARD Nicole	DUMAS Robert	LORIOT Jean	SAINT AUBERT Bernard
BAYLET René	DUMAZER Romain	LOUBATIERES Marie Madeleine	SANCHO-GARNIER Hélène
BILLIARD Michel	ECHENNE Bernard	MAGNAN DE BORNIER Bernard	SANY Jacques
BLARD Jean-Marie	FABRE Serge	MARY Henri	SEGNARBIEUX François
BLAYAC Jean Pierre	FREREBEAU Philippe	MATHIEU-DAUDE Pierre	SENAC Jean-Paul
BLOTMAN Francis	GALIFER René Benoît	MEYNADIER Jean	SERRE Arlette
BONNEL François	GODLEWSKI Guilhem	MICHEL François-Bernard	SOLASSOL Claude
BOURGEOIS Jean-Marie	GRASSET Daniel	MION Charles	THEVENET André
BRUEL Jean Michel	GUILHOU Jean- Jacques	MION Henri	VIDAL Jacques
BUREAU Jean-Paul	HERTAULT Jean	MIRO Luis	VISIÈRE Jean Pierre
BRUNEL Michel	HUMEAU Claude	NAVARRO Maurice	

### **Professeurs Emérites**

ARTUS Jean-Claude	MARES Pierre
BLANC François	MAUDELONDE Thierry
BOULENGER Jean-Philippe	MAURY Michèle
BOURREL Gérard	MILLAT Bertrand
BRINGER Jacques	MONNIER Louis
CLAUSTRES Mireille	MOURAD Georges
DAURES Jean-Pierre	PREFAUT Christian
DAUZAT Michel	PUJOL Rémy
DAVY Jean-Marc	RIBSTEIN Jean
DEDET Jean-Pierre	SCHVED Jean-François
ELEDJAM Jean-Jacques	SULTAN Charles
GROLLEAU RAOUX Robe	TOUCHON Jacques
GUERRIER Bernard	UZIEL Alain
GUILLOT Bernard	VOISIN Michel
LANDAIS Paul	ZANCA Michel

**Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers**

**PU-PH de classe exceptionnelle**

ALBAT Bernard	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
ALRIC Pierre	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option chirurgie vasculaire)
BACCINO Eric	Médecine légale et droit de la santé
BASTIEN Patrick	Parasitologie et mycologie
BLAIN Hubert	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
BONAFE Alain	Radiologie et imagerie médicale
CAPDEVILA Xavier	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
CHAMMAS Michel	Chirurgie orthopédique et traumatologique
COLSON Pascal	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
COMBE Bernard	Rhumatologie
COTTALORDA Jérôme	Chirurgie infantile
COUBES Philippe	Neurochirurgie
COURTET Philippe	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
CRAMPETTE Louis	Oto-rhino-laryngologie
CRISTOL Jean Paul	Biochimie et biologie moléculaire
DE LA COUSSAYE Jean Emmanuel	Médecine d'urgence
DE WAZIERES Benoît	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
DELAPORTE Eric	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
DEMOLY Pascal	Pneumologie ; addictologie
DOMERGUE Jacques	Chirurgie viscérale et digestive
DUFFAU Hugues	Neurochirurgie
ELIAOU Jean François	Immunologie
FABRE Jean Michel	Chirurgie viscérale et digestive
FRAPIER Jean-Marc	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
HAMAMAH Samir	Biologie et Médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale

HEDON Bernard	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
HERISSON Christian	Médecine physique et de réadaptation
JABER Samir	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
JEANDEL Claude	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
JONQUET Olivier	Médecine intensive-réanimation
JORGENSEN Christian	Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie
KOTZKI Pierre Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
LABAUGE Pierre	Neurologie
LARREY Dominique	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
LEFRANT Jean-Yves	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
LUMBROSO Serge	Biochimie et Biologie moléculaire
MARTY-ANE Charles	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
MERCIER Jacques	Physiologie
MESSNER Patrick	Cardiologie
MONDAIN Michel	Oto-rhino-laryngologie
MORIN Denis	Pédiatrie
PAGEAUX Georges-Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
PUJOL Pascal	Biologie cellulaire
QUERE Isabelle	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option médecine vasculaire)
RENARD Eric	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
REYNES Jacques	Maladies infectieuses, maladies tropicales
RIPART Jacques	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
ROUANET Philippe	Cancérologie ; radiothérapie
SOTTO Albert	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
TAOUREL Patrice	Radiologie et imagerie médicale
VANDE PERRE Philippe	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
YCHOU Marc	Cancérologie ; radiothérapie

**PU-PH de 1<sup>re</sup> classe**

AGUILAR MARTINEZ Patricia	Hématologie ; transfusion
ASSENAT Éric	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
AVIGNON Antoine	Nutrition
AZRIA David	Cancérologie ; radiothérapie
BAGHDADLI Amaria	Pédopsychiatrie ; addictologie
BEREGI Jean-Paul	Radiologie et imagerie médicale
BLANC Pierre	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
BORIE Frédéric	Chirurgie viscérale et digestive
BOULOT Pierre	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
CAMBONIE Gilles	Pédiatrie
CAMU William	Neurologie
CANOVAS François	Anatomie
CAPTIER Guillaume	Anatomie
CARTRON Guillaume	Hématologie ; transfusion
CAYLA Guillaume	Cardiologie
CHANQUES Gérald	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
CORBEAU Pierre	Immunologie
COSTES Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
COULET Bertrand	Chirurgie orthopédique et traumatologique
CYTEVAL Catherine	Radiologie et imagerie médicale
DADURE Christophe	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
DAUVILLIERS Yves	Physiologie
DE TAYRAC Renaud	Gynécologie-obstétrique, gynécologie médicale
DE VOS John	Histologie, embryologie et cytogénétique
DEMARIA Roland	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire



DEREURE Olivier	Dermatologie - vénéréologie
DROUPY Stéphane	Urologie
DUCROS Anne	Neurologie
DUPEYRON Arnaud	Médecine physique et de réadaptation
FESLER Pierre	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
GARREL Renaud	Oto-rhino-laryngologie
GENEVIEVE David	Génétique
HAYOT Maurice	Physiologie
KLOUCHE Kada	Médecine intensive-réanimation
KOENIG Michel	Génétique
LAFFONT Isabelle	Médecine physique et de réadaptation
LAVABRE-BERTRAND Thierry	Histologie, embryologie et cytogénétique
LAVIGNE Jean-Philippe	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
LE MOING Vincent	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
LECLERCQ Florence	Cardiologie
LEHMANN Sylvain	Biochimie et biologie moléculaire
MARIANO-GOULART Denis	Biophysique et médecine nucléaire
MATECKI Stéfan	Physiologie
MEUNIER Laurent	Dermato-vénéréologie
MOREL Jacques	Rhumatologie
NAVARRO Francis	Chirurgie viscérale et digestive
NOCCA David	Chirurgie viscérale et digestive
PETIT Pierre	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
PERNEY Pascal	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
PRUDHOMME Michel	Anatomie
PUJOL Jean Louis	Pneumologie ; addictologie
PURPER-OUAKIL Diane	Pédopsychiatrie ; addictologie

TOUITOU Isabelle

Génétique

TRAN Tu-Anh

Pédiatrie

VERNHET Hélène

Radiologie et imagerie médicale

### **PU-PH de 2ème classe**

BOURDIN Arnaud

Pneumologie ; addictologie

CANAUD Ludovic

Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option chirurgie vasculaire)

CAPDEVIELLE Delphine

Psychiatrie d'Adultes ; addictologie

CLARET Pierre-Géraud

Médecine d'urgence

COLOMBO Pierre-Emmanuel

Cancérologie ; radiothérapie

COSTALAT Vincent

Radiologie et imagerie médicale

CUVILLON Philippe

Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire

DAIEN Vincent

Ophtalmologie

DORANDEU Anne

Médecine légale et droit de la santé

FAILLIE Jean-Luc

Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie

FUCHS Florent

Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale

GABELLE DELOUSTAL Audrey

Neurologie

GAUJOUX Viala Cécile

Rhumatologie

GODREUIL Sylvain

Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

GUILLAUME Sébastien

Psychiatrie d'adultes ; addictologie

GUILPAIN Philippe

Médecine Interne, gériatrie et biologie du vieillissement; addictologie

GUIU Boris

Radiologie et imagerie médicale

HERLIN Christian

Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique, brûlologie

HOUEDE Nadine

Cancérologie ; radiothérapie

JACOT William

Cancérologie ; Radiothérapie

JUNG Boris

Médecine intensive-réanimation

KALFA Nicolas

Chirurgie infantile

KOUYOUMDJIAN Pascal	Chirurgie orthopédique et traumatologique
LACHAUD Laurence	Parasitologie et mycologie
LALLEMANT Benjamin	Oto-rhino-laryngologie
LE QUINTREC DONNETTE Moglie	Néphrologie
LETOUZEY Vincent	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
LONJON Nicolas	Neurochirurgie
LOPEZ CASTROMAN Jorge	Psychiatrie d'Adultes ; addictologie
LUKAS Cédric	Rhumatologie
MAURY Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologique
MILLET Ingrid	Radiologie et imagerie médicale
MORANNE Olivier	Néphrologie
MURA Thibault	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de la communication
NAGOT Nicolas	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de la communication
PANARO Fabrizio	Chirurgie viscérale et digestive
PARIS Françoise	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
PASQUIE Jean-Luc	Cardiologie
PELLESTOR Franck	Histologie, embryologie et cytogénétique
PEREZ MARTIN Antonia	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option médecine vasculaire)
POUDEROUX Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
RIGAU Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
RIVIER François	Pédiatrie
ROGER Pascal	Anatomie et cytologie pathologiques
ROSSI Jean François	Hématologie ; transfusion
ROUBILLE François	Cardiologie
SEBBANE Mustapha	Médecine d'urgence
SIRVENT Nicolas	Pédiatrie
SOLASSOL Jérôme	Biologie cellulaire



STOEBNER Pierre	Dermato-vénéréologie
SULTAN Ariane	Nutrition
THOUVENOT Éric	Neurologie
THURET Rodolphe	Urologie
VENAIL Frédéric	Oto-rhino-laryngologie
VILLAIN Max	Ophthalmologie
VINCENT Denis	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
VINCENT Thierry	Immunologie
WOJTUSCISZYN Anne	Endocrinologie-diabétologie-nutrition

#### PROFESSEURS DES UNIVERSITES

##### 1<sup>re</sup> classe :

COLINGE Jacques (Cancérologie, Signalisation cellulaire et systèmes complexes)

##### 2<sup>ème</sup> classe :

LAOUDJ CHENIVESSE Dalila (Biochimie et biologie moléculaire)

VISIER Laurent (Sociologie, démographie)

#### PROFESSEURS DES UNIVERSITES - Médecine générale

##### 1<sup>re</sup> classe :

LAMBERT Philippe

##### 2<sup>ème</sup> classe :

AMOUYAL Michel

**PROFESSEURS ASSOCIES - Médecine Générale**

CLARY Bernard

DAVID Michel

GARCIA Marc

**PROFESSEURS ASSOCIES - Médecine**

BESSIS Didier (Dermato-vénéréologie)

MEUNIER Isabelle (Ophtalmologie)

MULLER Laurent (Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire)

PERRIGAULT Pierre-François (Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire)

QUANTIN Xavier (Pneumologie)

ROUBERTIE Agathe (Pédiatrie)

VIEL Eric (Soins palliatifs et traitement de la douleur)

**Maîtres de Conférences des Universités - Praticiens Hospitaliers**

**MCU-PH Hors classe**

BADIOU Stéphanie	Biochimie et biologie moléculaire
BOULLE Nathalie	Biologie cellulaire
CACHEUX-RATABOUL Valère	Génétique
CARRIERE Christian	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
CHARACHON Sylvie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
FABBRO-PERAY Pascale	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
GIANSILY-BLAIZOT Muriel	Hématologie ; transfusion
HILLAIRE-BUYS Dominique	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
PUJOL Joseph	Anatomie
RICHARD Bruno	Médecine palliative
RISPAIL Philippe	Parasitologie et mycologie
SEGONDY Michel	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

**MCU-PH de 1<sup>re</sup> classe**

BERTRAND Martin	Anatomie
BOUDOUSQ Vincent	Biophysique et médecine nucléaire
BOURGIER Céline	Cancérologie ; Radiothérapie
BRET Caroline	Hématologie biologique
COSSEE Mireille	Génétique
GIRARDET-BESSIS Anne	Biochimie et biologie moléculaire
LAVIGNE Géraldine	Hématologie ; transfusion
LESAGE François-Xavier	Médecine et Santé au Travail
MATHIEU Olivier	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
MENJOT de CHAMPFLEUR Nicolas	Radiologie et imagerie médicale
MOUZAT Kévin	Biochimie et biologie moléculaire
OLIE Emilie	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
PANABIERES Catherine	Biologie cellulaire
PHILIBERT Pascal	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
RAVEL Christophe	Parasitologie et mycologie
SCHUSTER-BECK Iris	Physiologie
STERKERS Yvon	Parasitologie et mycologie
THEVENIN-RENE Céline	Immunologie
TUAILLON Edouard	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

**MCU-PH de 2<sup>ème</sup> classe**

CHIRIAC Anca	Immunologie
DE JONG Audrey	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
DU THANH Aurélie	Dermato-vénérologie
GOUZI Farès	Physiologie



HERRERO Astrid	Chirurgie viscérale et digestive
JEZIORSKI Éric	Pédiatrie
KUSTER Nils	Biochimie et biologie moléculaire
MAKINSON Alain	Maladies infectieuses, Maladies tropicales
PANTEL Alix	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
PERS Yves-Marie	Thérapeutique; addictologie
ROUBILLE Camille	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
SZABLEWSKY	Anatomie et cytologie pathologiques

#### **Maîtres de Conférences des Universités - Médecine Générale**

##### **MCU-MG de 1<sup>re</sup> classe**

COSTA David

##### **MCU-MG de 2<sup>ème</sup> classe**

FOLCO-LOGNOS Béatrice

OUDE ENGBERINK Agnès

#### **Maîtres de Conférences associés - Médecine Générale**

LOPEZ Antonio

MILLION Elodie

PAVAGEAU Sylvain

REBOUL Marie-Catherine

SERAYET Philippe



### Praticiens Hospitaliers Universitaires

BARATEAU Lucie	Physiologie
BASTIDE Sophie	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
DAIEN Claire	Rhumatologie
GATINOIS Vincent	Histologie, embryologie et cytogénétique
GOULABCHAND Radjiv	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
LATTUCA Benoit	Cardiologie
MIOT Stéphanie	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
PINETON DE CHAMBRUN Guillaume	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
SOUICHE François-Régis	Chirurgie viscérale et digestive

# REMERCIEMENTS

# ABBREVIATIONS

A4C : Apicale 4 cavités

ACEP : American College of Emergency Physicians

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

CNIL : Commission Nationale Informatique et Liberté

DESMU : Diplôme d'Etudes Spécialisées en Médecine d'Urgence

ETO : Echocardiographie Trans-Oesophagienne

ETT : Echocardiographie Trans-Thoracique

IRB : Institutional Review Board

PSGA : ParaSternale Grand Axe

PSPA : ParaSternale Petit Axe

SU : Structure des urgences

SAUV : Service d'Accueil des Urgences Vitales

SHF : Simulateur Haute fidélité

SFMU : Société Française de Médecine d'Urgence

SMUR : Service Mobile d'Urgence et Réanimation

SC4C = SX4C : Sous Costal 4 Cavités

SX4C = SC4C : Sous Xyphoïdienne 4 Cavités

VCI : Veine Cave Inférieure

# SOMMAIRE

I.	Introduction .....	21
II.	But de l'étude .....	23
III.	Matériel et méthode .....	24
	Etude	
	Population étudiée	
	Protocole de l'étude	
	Analyse statistique	
	Ethique	
IV.	Résultats .....	28
V.	Discussion .....	35
VI.	Conclusion .....	40
	Bibliographie .....	41
	Annexe 1 .....	43
	Annexe 2 .....	44
	Serment .....	45
	Permis d'imprimer.....	46
	Résumé.....	47

## I. INTRODUCTION

La médecine d'urgence est depuis Novembre 2017, une nouvelle spécialité à part entière et représente un pilier important de la médecine de demain. Cette spécialité ne fait que s'améliorer et se perfectionner avec notamment l'utilisation indispensable de l'échographie en première intention [1,2]. Initialement réservée aux spécialistes, l'échographie s'est progressivement répandue dans les services de réanimation puis d'urgence. Désormais, elle a sa place dans la plupart des recommandations de la SFMU, et s'impose comme un complément à l'examen clinique classique du fait de son caractère non invasif, non irradiant et de son intérêt diagnostique [3,4].

Les pathologies cardiovasculaires représentent la première cause de décès en France et sont donc un des motifs principaux de consultation aux urgences, tout comme les dyspnées [5]. L'échocardiographie, initialement réalisée par les cardiologues, se retrouve donc justifiée et même indispensable aux urgences [6]. Elle est devenue une des applications d'échographie clinique d'urgence les plus utilisées [2,7,8]. La formation des nouveaux urgentistes dans le cadre de cette « nouvelle spécialité » devient donc un réel enjeu.

Dès 1990, l'American College of Emergency Physicians (ACEP) publiait qu'il fallait améliorer la formation et l'utilisation de l'échographie en médecine d'urgence. En 1994, via l'étude de Mateer J et al, l'ACEP mettait en place au sein de la formation des médecins urgentistes un protocole d'apprentissage et d'évaluation à la formation de l'échographie pour la médecine d'urgence aux Etats- Unis [9]. Selon l'ACEP, les trois premières étapes de la compétence en échographie d'urgence de base sont la reconnaissance des indications et des contre-indications, l'acquisition d'images et l'interprétation d'images [10]. En échocardiographie de base, l'acquisition d'images nécessite l'apprentissage de cinq coupes : para-sternale grand axe (PSGA), para-sternale petit axe (PSPA), apicale quatre cavités (A4C), sous-xyphoïdienne quatre cavités (SX4C), et la coupe de la veine cave inférieure (VCI) [11]. La compréhension de l'anatomie et de la position de la sonde par rapport au cœur semble pour cela essentielle [12,13].

Jusqu'à présent, l'apprentissage de l'échocardiographie reposait essentiellement sur la pratique sur de volontaires sains [14]. Mais avec le développement de la simulation, aussi bien à des fins d'enseignement que d'évaluation des compétences [15], il est admis qu'il ne faut plus jamais apprendre la première fois sur un patient [16]. La simulation a donc pris une place primordiale dans la formation médicale des différentes spécialités [17,18]. Elle est un outil novateur d'enseignement grâce à son large panel de situations médicales simulables via notamment les simulateurs haute-fidélité (SHF). Grâce à des images normales et pathologiques assez classiques, l'utilisation de ce type de dispositif médical semble adaptée pour l'apprentissage de la pratique de l'échographie [19]. Mais la preuve de leur utilité et de leur efficacité dans l'enseignement et l'apprentissage du geste en échographie clinique n'est que débutante. Chaptal et al, dans son étude, a montré l'intérêt d'un SHF dans l'apprentissage de la réalisation des coupes de bases d'échocardiographie versus un sujet volontaire sain chez une population d'étudiants en médecine [20]. Il s'agissait d'un simulateur spécifique pour l'apprentissage de l'échographie trans-thoracique (ETT) : le SIMBIONIX. Après une courte formation vidéo et pratique, elle a montré que les étudiants en médecine formés sur simulateur obtenaient des coupes de meilleure qualité que ceux formés sur sujet vivant.

Le mannequin SIMBIONIX permet d'avoir une représentation tri-dimensionnelle du cœur selon l'orientation de la sonde en temps réel, ce qui facilite la compréhension de la coupe dans l'espace et donc de l'image échographique [12,13]. Ce système permet ainsi une meilleure compréhension de l'utilisation de l'ETT. De par son aspect pédagogique et intuitif, le SHF semble être une promesse dans l'apprentissage de l'ETT [21].

Notre faculté de médecine disposant d'un de ces mannequins de simulation, il nous a semblé intéressant de comparer deux méthodes d'apprentissage : la manière classique sur volontaire sain et celle plus novatrice via le simulateur SIMBIONIX.

## II. BUT DE L'ETUDE

L'objectif principal de notre étude était de comparer la qualité globale (selon un score pré-défini) d'un examen d'échocardiographie basique complet (5 coupes de base d'échocardiographie) selon que l'étudiant ait été formé sur un simulateur haute-fidélité (SIMBIONIX) ou sur un sujet volontaire sain, sur l'ensemble d'une auto-formation comprenant 10 ETT.

Les objectifs secondaires étaient de comparer le niveau de facilité d'apprentissage, évalué par chaque interne, toutes coupes confondues et pour chaque coupe selon qu'ils soient passés sur SIMBIONIX ou sur volontaire sain. Il s'agissait aussi de comparer la qualité de chacune des dix ETT après la formation, la qualité de chaque coupe échocardiographique des examens enregistrés et les courbes d'apprentissage établies selon les scores obtenus [22]. Nous avons également recueilli le ressenti des étudiants sur la qualité de la formation, leur motivation et la pratique de l'ETT à l'issue de la formation, à l'aide d'un questionnaire.

### III. MATERIELS ET METHODES

#### 1. Etude

Il s'agit d'une étude prospective, observationnelle, randomisée en simple aveugle, multi-centrique. Les internes en médecine d'urgence des CHU de Nîmes et Montpellier ont été inclus de Novembre 2018 à Juin 2020.

#### 2. Population étudiée

##### a) Critères d'inclusion

- Internes en première année de médecine.
- Internes en cours de stage dans les services d'urgence des CHU de Nîmes ou de Montpellier.

##### b) Critères d'exclusion

- Internes ayant reçu au préalable une formation à l'ETT.
- Internes refusant de participer à l'étude.

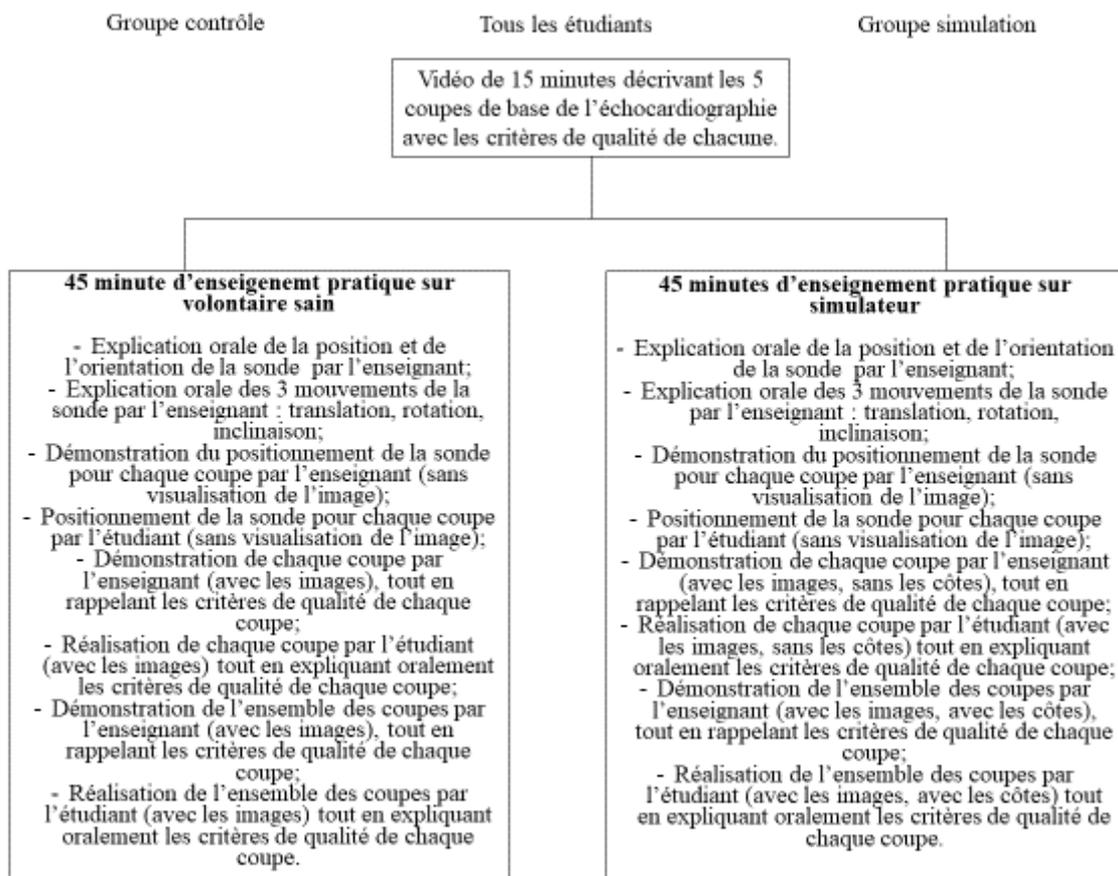
#### 3. Protocole de l'étude

L'étude s'est déroulée de la manière suivante :

- une première phase de formation
- une deuxième phase d'auto-formation
- une troisième phase d'analyse du critère de jugement principal
- une quatrième phase d'auto-évaluation.

## a) La formation

Les étudiants ont été inclus de manière prospective. Les élèves répondant aux critères d'inclusion ont été randomisés un par un par enveloppes scellées dans le groupe témoin ou le groupe simulation. Les étudiants savaient que l'objectif pédagogique était d'apprendre à faire les cinq coupes d'échocardiographie de base sur un volontaire sain ou sur un simulateur haute-fidélité. Ces 5 coupes d'échocardiographie de base étaient les coupes PSGA, PSPA, A4C, SX4C et VCI [23]. La figure 1 montre le contenu pédagogique selon le groupe.



Dans le groupe simulation, le simulateur U / S Mentor Simbionix® (système 3D, Cleveland, OH) a été utilisé avec le module d'échocardiographie au lit du patient et une sonde cardiaque de simulation. Au cours de l'enseignement pratique, les élèves ont pu voir sur l'écran du simulateur des images échographiques générées par le simulateur et une vue en trois dimensions du cœur en fonction de la position de la sonde [24].

Dans le groupe contrôle, un enseignement pratique sur volontaire sain a été réalisé avec un appareil d'échographie conventionnel (Vivid S6, GE Healthcare, Medical System Israël Ltd., 4 Haetgar St. Tirad Carmel) et une sonde cardiaque de la marque Vivid (M4S-

RS) 1,5-3,6 MHz. Les enseignements pratiques ont été réalisés juste après le visionnage de la vidéo décrivant les coupes de base d'échocardiographie [25]. Le même enseignant a fait tous les enseignements pratiques [26]. L'enseignant était un utilisateur et un enseignant en échocardiographie (EP) d'urgence (avec un diplôme universitaire en échographie de soins d'urgence). Le volontaire vivant utilisé pour l'enseignement des coupes d'échographie de base dans le groupe témoin était le même pour tous les étudiants du groupe, et pour tous les semestres.

Chaque groupe a reçu la formation pendant la première semaine de son semestre aux urgences.

#### b) L'auto-formation

Suite à la formation, chaque étudiant devait, muni d'une clé USB, réaliser des échographies cardiaques et enregistrer les images des 5 coupes de bases apprises lors de la formation. Il leur a été demandé de réaliser dix ETT aux urgences sur patients. Pour chaque échographie réalisée, il devait retrouver les 5 coupes de base et enregistrer les images une fois qu'il jugeait la coupe correcte (c'est-à-dire remplissant les critères de qualité des coupes). Il ne devait pas recevoir d'aide extérieure et y passer un temps raisonnable. Une fois les 5 coupes des dix ETT réalisées et enregistrées, nous avons récupéré les clés USB pour l'analyse des données.

#### c) Les critères d'évaluation

Nous avons utilisé l'échelle de qualité créée par le Dr Chaptal pour l'évaluation de la qualité de chaque coupe (*annexe 1*) [20]. Pour rappel, cette échelle est basée sur les critères de qualité décrits par la SFMU nécessaire à l'obtention des coupes d'ETT [3,27]. Le score total de l'échelle de qualité est de 200. Comme chaque coupe n'a pas le même poids dans l'échelle de qualité totale, une moyenne de chaque coupe sur 20 a été établie. Ainsi, cette échelle de qualité totale pondérée (PTQS) a été évaluée sur 100 (*annexe 1*).

La cotation de chacune des coupes des dix ETT obtenues et enregistrées par chaque interne a été réalisée par un médecin urgentiste formé à l'ETT, aveugle du groupe d'enseignement initial.

Le critère de jugement principal était le score total obtenu par les dix ETT.

#### d) L'auto-évaluation

Une auto-évaluation subjective a été demandée aux étudiants à la fin de la réalisation de leurs dix ETT (*annexe 2*), [28]. Ils devaient évaluer leur difficulté à effectuer chaque coupe d'échocardiographie (sur une échelle de 0 à 10) ainsi que leur niveau de confiance pour effectuer chaque coupe (sur une échelle de 0 à 10). Pour ces 2 critères, une échelle totale sur 50 a été calculée. Il leur a aussi été demandé s'ils avaient accès à un appareil d'échographie pendant leur stage hospitalier, s'ils avaient révisé les coupes d'échocardiographies et si la formation leur avait donné envie de continuer l'apprentissage de l'échographie (*annexe 2*).

#### 4. *Analyses statistiques*

Les variables quantitatives sont exprimées par leur médiane assortie des 25<sup>e</sup> et 75<sup>e</sup> percentiles (intervalle interquartile). Les variables qualitatives sont exprimées par leur effectif et leur pourcentage. La comparaison des variables quantitatives entre les différents groupes est réalisée par le test de Kruskal-Wallis. Le lien entre deux variables qualitatives est testé par le test du Chi<sup>2</sup> ou le test exact de Fisher lorsque les conditions d'application du Chi<sup>2</sup> (effectifs théoriques  $\geq 5$ ) ne sont pas réunies. Le seuil de significativité a été fixé à 5 % pour tous les tests utilisés. L'analyse statistique a été réalisée sous R 4.0.2 (R Development Core Team (2020). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

#### 5. *Ethique*

Cette étude a fait l'objet d'une déclaration à la CNIL et a été approuvée par notre Institutional Review Board (IRB), numéro 20.04.04.

Le consentement de chaque patient ayant bénéficié d'une ETT a été recueilli oralement, ainsi que celui de chaque interne ayant accepté de participer à l'étude.

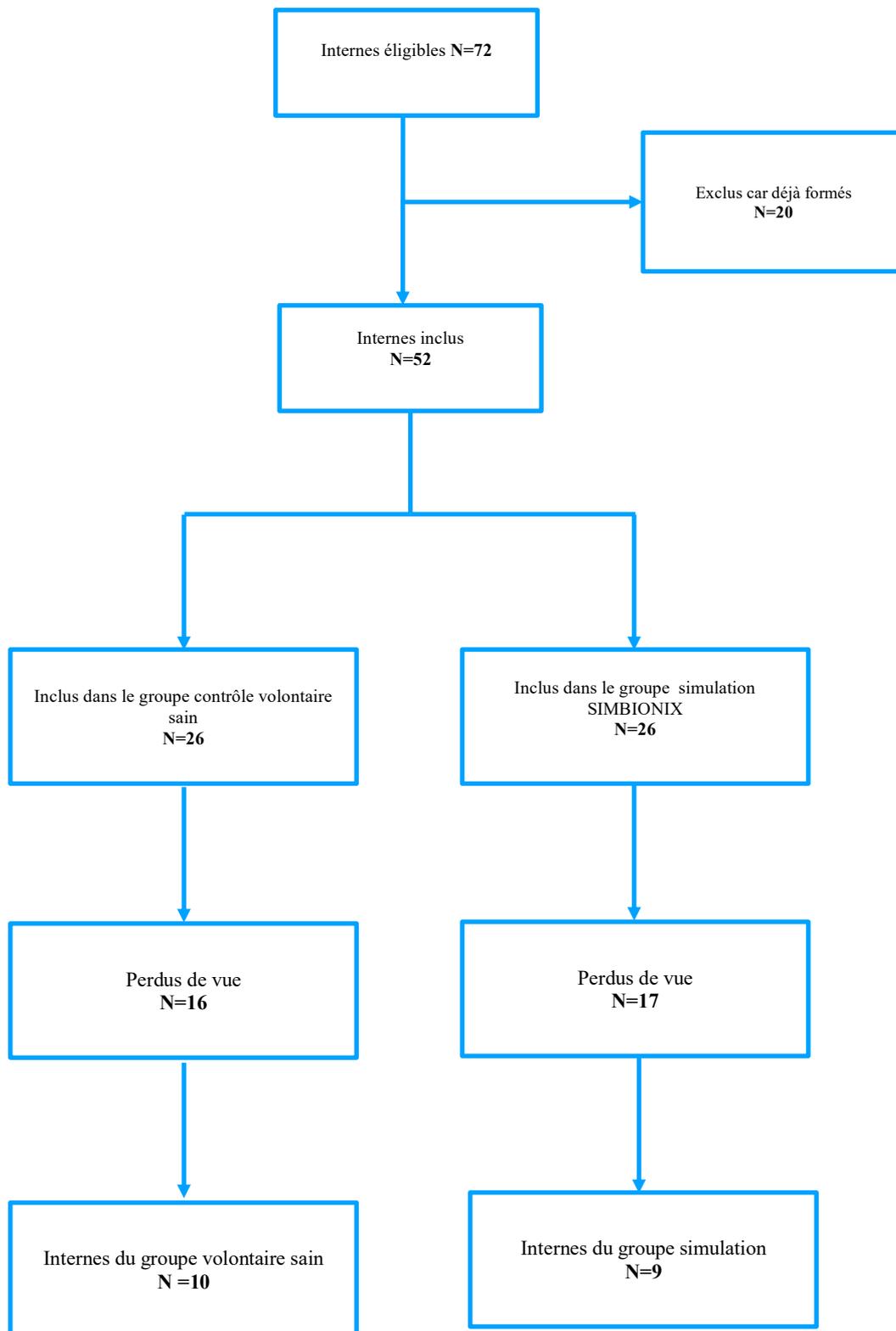
## IV. RESULTATS

### 1. Caractéristiques de l'étude

De Novembre 2018 à Juin 2020, 72 internes étaient concernés par cette étude. 20 internes ont été exclus car ayant déjà eu une formation préalable. 52 internes ont été inclus dans cette étude sur 3 semestres (le dernier semestre n'ayant permis aucune inclusion du fait du contexte sanitaire et de ses contraintes). Parmi les 52 internes randomisés, seuls 19 internes ont rendu des images pouvant être analysées. Les 33 autres n'ont pas rendu d'image ou en ont rendu moins de 4 ce qui ne permettait pas d'analyse. Sur les 19 internes, 9 (47,37%) étaient issus du groupe SIMBIONIX et 10 (52,63%) du groupe volontaire sain. Le diagramme de flux est représenté par *la figure 1*.

Tous les internes sont passées aux urgences de Nîmes ou Montpellier, 24 étaient des internes DESMU, 28 étaient des internes issus d'autres spécialités (médecine générale ou gériatrie).

Seulement 15 internes ont répondu au questionnaire. Parmi eux il y avait 6 hommes (40%) et 9 femmes (60%). L'âge moyen était de 25 ans dans les 2 groupes.

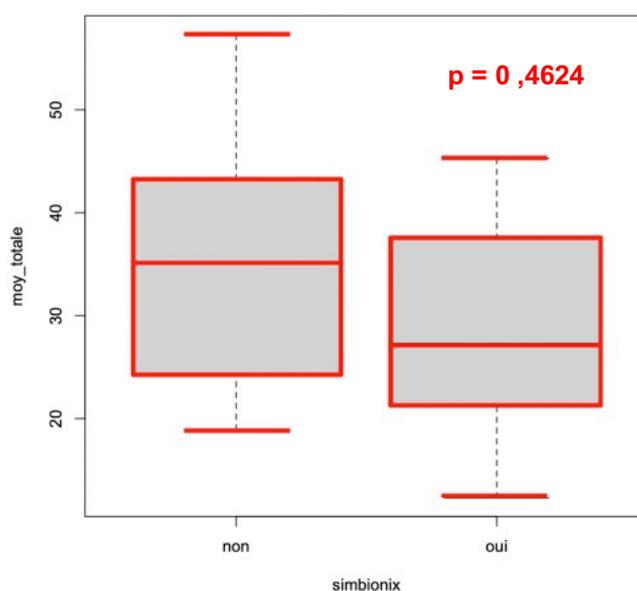


*Figure 1 : diagramme de flux.*

## 2. Objectif principal

Il n'y avait pas de différence significative concernant l'échelle de qualité globale résultant de l'addition de l'ensemble des scores de chaque ETT entre le groupe SIMBIONIX et le groupe volontaire sain, 27,2 versus 35,1, p-value de 0,4624, comme le montre *la figure 2*.

Des facteurs de confusion ont été pris en compte : l'âge, le sexe, la motivation à continuer d'apprendre, l'intérêt donné à la formation, la révision des coupes d'ETT pendant l'étude. Après ajustement de ces facteurs, il n'y a toujours pas de différence significative concernant la note globale de l'ensemble des ETT entre les 2 groupes.

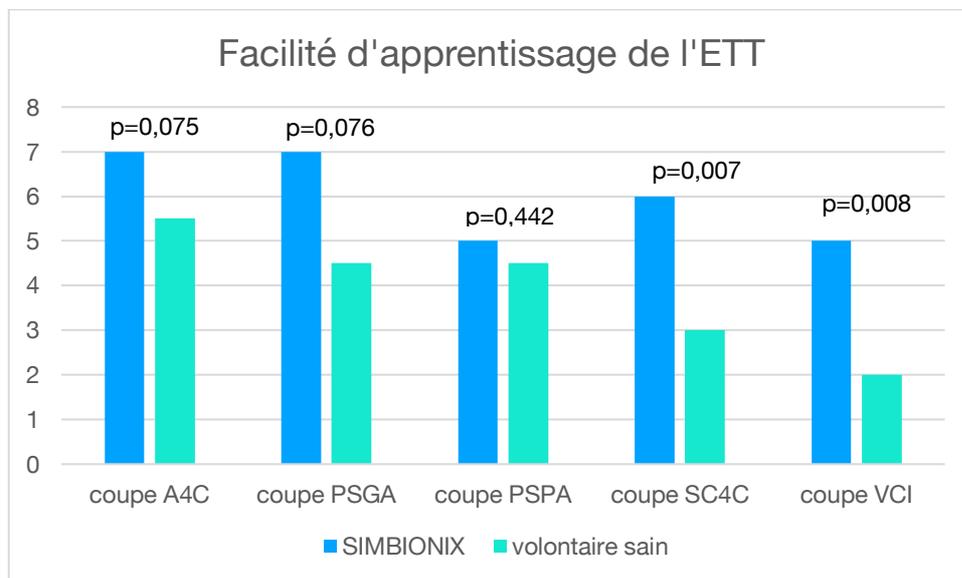


*Figure 2 : critères de jugement principal : comparaison du score total selon le groupe d'appariement.*

### 3. Objectifs secondaires

#### a) Facilité d'apprentissage

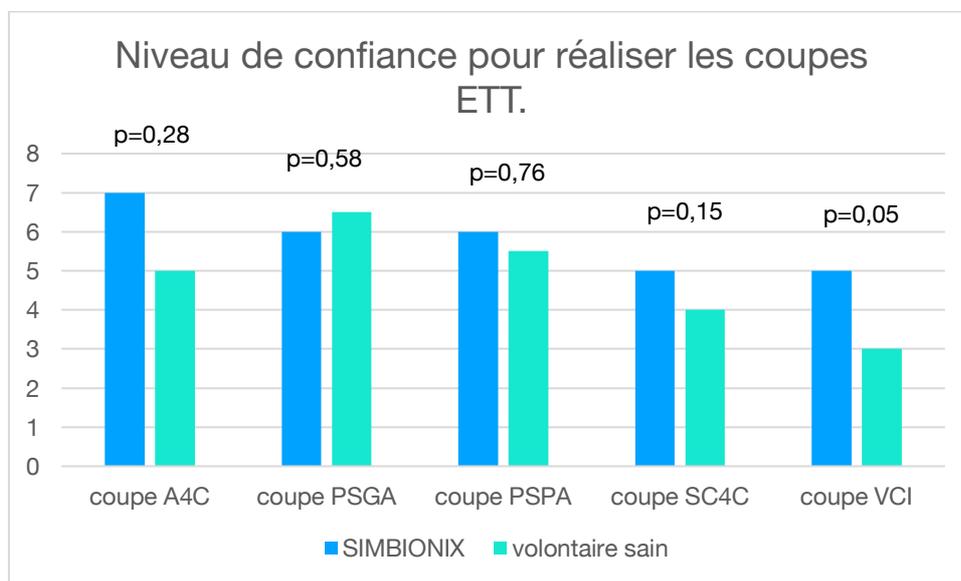
Concernant la facilité d'apprentissage, nous avons mis en évidence une différence significative sur la note globale toutes coupes confondues : 30 dans le groupe SIMBIONIX versus 19,5 dans le groupe volontaire sain, p-value à 0,0014. Cette tendance s'est confirmée pour presque chaque coupe comme le montre le *graphique 1*.



Graphique 1 : comparaison de la facilité d'apprentissage pour chaque coupe selon le groupe.

## b) Niveau de confiance

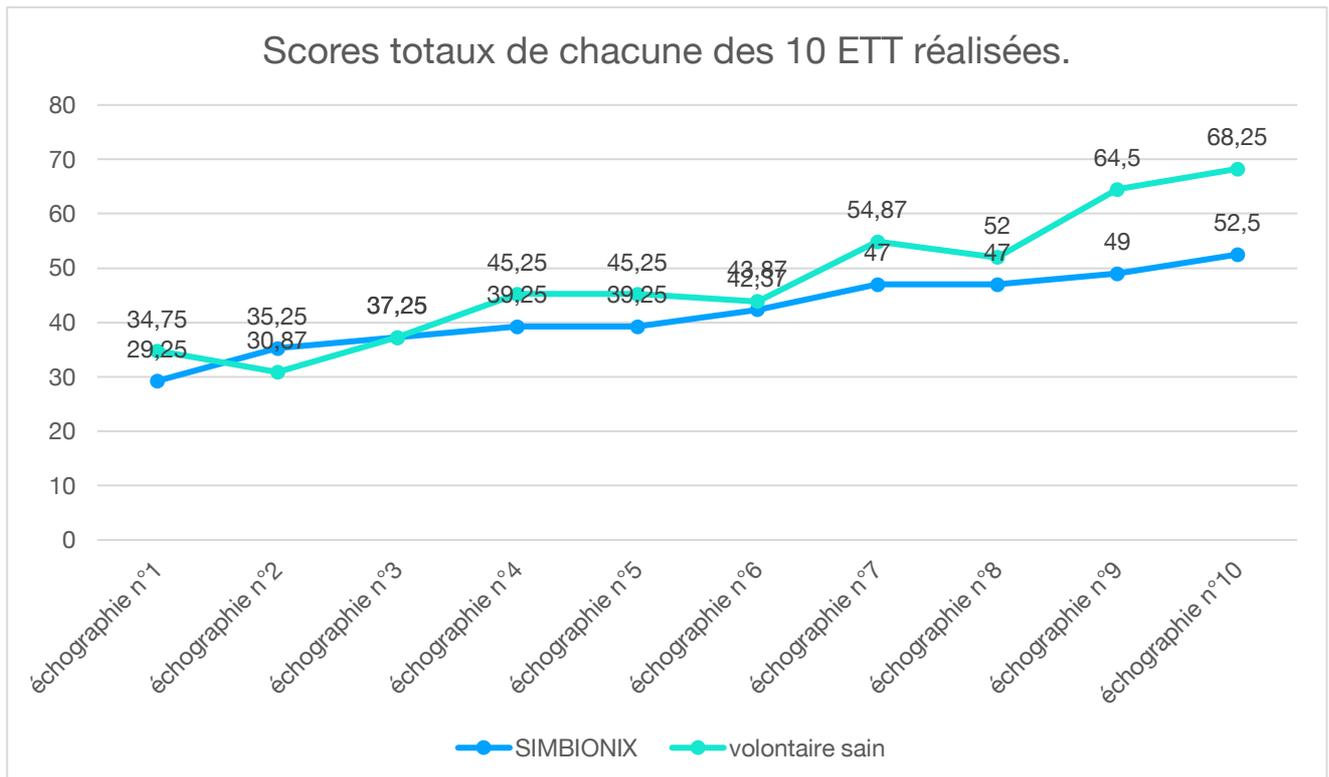
Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les étudiants des 2 groupes en leur confiance à être capable de réaliser les coupes d'échocardiographies, toutes coupes confondues, suite à la formation qu'ils ont reçue. Dans le groupe SIMBIONIX, elle a été évaluée à 28 versus 22,5 dans le groupe volontaire sain, p-value = 0,07. Il n'y avait pas de différence non plus pour chaque coupe prise indépendamment, comme le montre le *graphique 2*.



*Graphique 2 : niveau de confiance à réaliser les coupes écho-cardiographiques après la formation, selon le groupe d'inclusion.*

### c) Comparaison des scores totaux de chaque échocardiographie

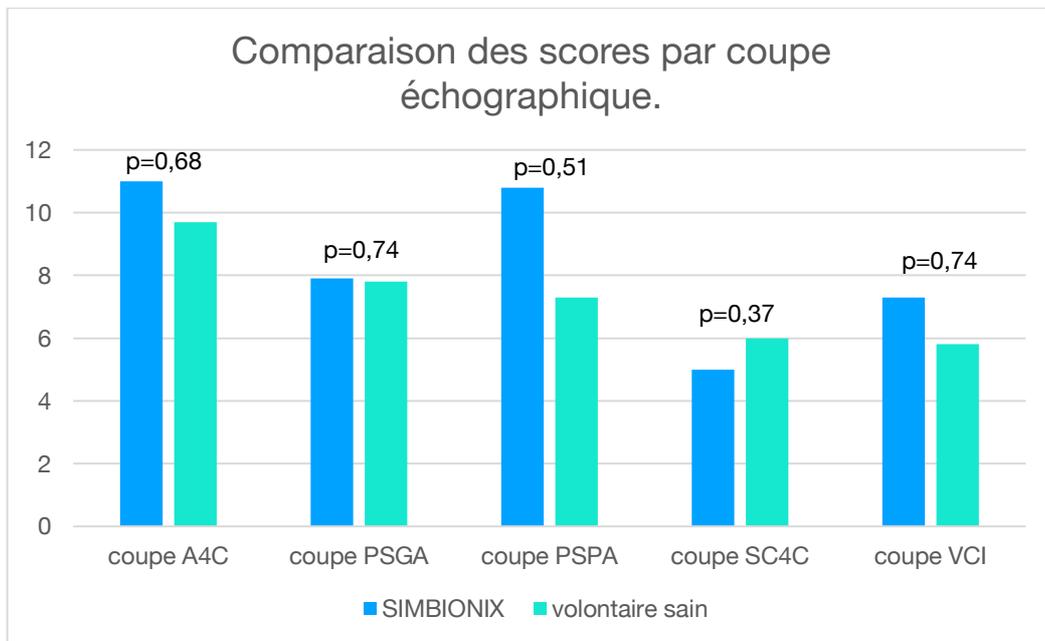
Le graphique 3 montre l'évolution des scores des échocardiographies au fur et à mesure qu'elles ont été effectuées. Nous avons pu voir une amélioration progressive du score avec la pratique, que ce soit dans le groupe SIMBIONIX ou le groupe volontaire sain, sans différence significative entre les 2 groupes (*graphique 3*).



*Graphique 3 : courbes d'évolution des scores totaux des échographies, selon le groupe d'appariement. Note sur 100.*

### d) Comparaison des scores par coupe écho-cardiographique

Concernant les scores de chaque coupe échographique, il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les 2 groupes (*graphique 4*). Que les internes aient été formés sur le mannequin SIMBIONIX ou sur volontaire sain, la coupe SC4C semble être la plus difficile à réaliser.



*Graphique 4 : comparaison des scores pour chaque coupe échographique, selon le groupe d'inclusion. Note sur 20.*

#### e) Intérêt à la formation

Concernant l'intérêt donné à la formation, la note moyenne du groupe SIMBIONIX était similaire à celle du groupe volontaire sain, 9 vs 8. Nous avons retrouvé la même tendance pour la motivation des étudiants à continuer à apprendre l'échocardiographie après cette formation, 9 vs 9.

#### f) Révision de l'échographie

Tous les internes avaient accès à un échographe dans le service où ils effectuaient leur stage. 5 internes (33%), répartis équitablement dans les 2 groupes ont révisés les coupes d'échographies pendant l'étude.

## V. DISCUSSION

### 1. Résultats de l'étude

#### a) échelle de qualité totale

Notre étude a permis de montrer qu'il n'existait pas de différence significative entre l'apprentissage des coupes de bases d'échographie cardiaque sur un mannequin haute-fidélité type SIMBIONIX comparativement à un volontaire sain (p-value 0,4624). En effet, les scores obtenus, toutes coupes confondues ou coupes prises séparément, étaient comparables dans les 2 groupes. Cela confirme la tendance de la non-infériorité de l'apprentissage sur mannequin haute-fidélité comparativement à celui sur volontaire sain que l'on retrouve dans la littérature. En effet, Edrich et al, a montré que la formation des coupes de base à l'échographie cardiaque à l'aide d'un simulateur n'était pas inférieure à l'utilisation de volontaires sains chez des résidents en anesthésie [29]. De même, Rambarat et al, dans sa revue de littérature sur la simulation haute-fidélité pour l'ETT, a démontré que 91,6% des études concluaient à des résultats positifs de la simulation sur l'enseignement de l'échographie cardiaque [25]. Quant à Bernard et al, il a mis en évidence qu'une autoformation sur simulateur permettait d'acquérir les principales coupes d'échocardiographie, de bonne qualité et rapidement [30].

Canty et al a même démontré une supériorité du simulateur comparé à la formation supervisée. En effet, dans son étude sur 145 participants novices, le score de qualité des coupes échographiques après un cours autoguidé sur simulateur est supérieur au score du groupe de formation supervisée (95,2% vs 66%, p-value<0,001). Neelankavil et al, lui aussi, a montré une supériorité du simulateur vs volontaire sain concernant l'acquisition des coupes, l'anatomie ou le temps d'acquisition [31]. Cette supériorité du simulateur s'explique probablement par un plus grand nombre de sujets inclus et par un nombre d'exams réalisés plus important. Cela sous-entend donc qu'une pratique plus avancée est nécessaire.

Comparativement pour la FAST, nos résultats concordent avec ceux de Bentley et al, qui a montré que des étudiants en médecine formés sur simulateur avaient la même capacité à réaliser des FAST échographiques que ceux formés sur volontaire sain [21]. En revanche, Juo et al, lui, a montré une capacité d'acquisition des images de FAST supérieure après formation d'une heure sur volontaire sain, versus simulateur haute-fidélité [19]. Cette

différence peut s'expliquer par le fait que cette étude concernait des internes de chirurgie générale ayant des niveaux d'expérience différents. De plus, la puissance de cette étude était faible avec seulement 16 sujets inclus et un protocole ne concernant qu'une heure de formation quand les recommandations d'experts demandent une pratique plus longue [3,10].

La formation sur simulateur a fait ses preuves dans d'autres domaines que l'ETT. Le Lous et al, a montré, en gynécologie, qu'une formation par simulateur versus l'absence de formation, permettait d'acquérir de meilleures images après 2 mois de pratique [17].

#### b) courbes d'apprentissage

Notre étude a montré que les étudiants s'amélioraient au fur et à mesure des échographies, qu'ils aient été formés sur simulateur ou sur volontaire sain, sans différence significative entre les 2 groupes. On aurait pu s'attendre à de meilleurs scores dans le groupe SIMBIONIX. En effet, VIGNON et al a montré que la formation à l'ETT aidée de l'utilisation d'un simulateur permettait une accélération de la courbe d'apprentissage [22]. Cette absence de significativité peut s'expliquer par le faible nombre d'ETT réalisées. Nous avons analysé les images de seulement 10 examens d'ETT. En effet, il est acquis qu'un nombre moyen de 20 à 50 examens sont nécessaires pour acquérir les compétences de l'ETT [3,10]. Un manque d'examens réalisés et analysés, et donc de pratique, peut expliquer l'absence de significativité dans notre étude.

Il semble que la coupe SC4C soit la coupe pour laquelle les étudiants se sentaient le moins à l'aise, quel que soit la méthode d'apprentissage. Ce résultat semble logique car il a été montré qu'il s'agit de la coupe la plus difficile à acquérir [22].

### c) facilité d'apprentissage et motivation

Notre étude a montré qu'il semblait plus facile d'apprendre sur simulateur SIMBIONIX que sur volontaire sain, toutes coupes confondues, notamment pour la coupe VCI. Ces résultats peuvent s'expliquer par l'existence des modules d'aide à l'apprentissage de la bonne position de la sonde et la visualisation tridimensionnelle du cœur sur le simulateur. Dieden et al a montré, dans son étude, que les défis de l'apprentissage de l'échographie résidaient principalement dans la projection de l'image et la manipulation de la sonde. Selon lui, le retour immédiat de l'information avec la possibilité de « jouer » avec l'appareil sans risques, était l'élément le plus important pour la compréhension [12]. Eliso et al, quant à lui, a montré l'utilité du simulateur dans l'acquisition d'une meilleure coupe [13]. Ces outils sont donc utiles pour l'apprentissage et constituent un argument supplémentaire pour la formation initiale sur simulateur. De plus, le mannequin haute-fidélité permet une certaine reproductibilité et une meilleure prise en main évitant ainsi les biais liés à la variabilité interpersonnelle du sujet volontaire sain.

Que ce soit dans le groupe SIMBIONIX ou le groupe volontaire sain, la motivation des étudiants pour continuer à se former à l'échographie a été identique. Cela s'explique probablement par plusieurs éléments : tous étaient novices en matière d'échographie ; l'apport diagnostique, thérapeutique rapide et non invasif de l'échographie dans la prise en charge des patients est séduisant. En effet, Kuza et al montrait dans son étude qu'une formation spécialisée de l'ETT encourageait l'utilisation de l'échographie dans la pratique courante [26] .

## *2. Limites*

Malgré ses résultats concordants avec la littérature, cette étude présente plusieurs limites. Bien que multicentrique, notre étude manque de puissance car un faible nombre d'interne a pu être inclus, limitant ainsi son impact. De nombreux internes n'ont pas pu réaliser les 10 ETT demandées. Ceci peut s'expliquer par les contraintes liées à la prise en charge des patients aux urgences (flux de patient, temps nécessaire à la réalisation d'une ETT n'existant pas dans les conditions réelles, appareil d'échographie non disponible) et en urgence. De plus, nous avons demandé la réalisation et l'enregistrement de seulement 10 ETT aux internes. Or, comme le suggèrent les recommandations de la SFMU [3] ou de l'ACEP [10], il est recommandé de compléter une formation de base avec la réalisation de

20 à 50 examens supervisés sur une période de 12 mois afin d'acquérir les compétences de bases requises pour le niveau 1. Il serait donc intéressant de réaliser une étude requérant 50 examens ; ainsi, une supériorité du simulateur serait peut-être mise en évidence.

Il aurait été intéressant de faire une analyse en sous-groupes : internes de médecine générale versus interne de médecine d'urgence, afin de voir si la spécialité choisie impacterait les résultats. De même, appliquer cette étude sur une population plus vaste avec des formations et des niveaux d'expérience différents permettrait d'uniformiser la formation.

Il aurait également été intéressant de recueillir certaines données sur les patients, notamment en termes d'ATCD (cardiopathies sous-jacentes, BPCO, emphysème, surpoids). En effet, ces données pourraient expliquer des ETT difficilement réalisables et donc des scores de qualités médiocres, et qui ne seraient pas en lien avec une incapacité de l'étudiant à réaliser l'échographie. Une autre façon de s'affranchir de ces biais aurait été de pouvoir comparer chaque échographie réalisée par chaque étudiant à la même échographie réalisée par un « expert ». Cela n'a pas été réalisable car contraignant en termes de temps dédié à l'étude et de ce fait, prendre le risque d'avoir moins d'ETT incluses.

Par ailleurs, notre échelle a été réalisée sur des recommandations formalisées d'experts [3,4,27] et à partir de l'étude du Dr CHAPTAL [20] ; nous avons aussi utilisé le simulateur haute-fidélité SIMBIONIX. Il serait donc nécessaire d'avoir une uniformisation de l'échelle d'apprentissage et des simulateurs haute-fidélité afin de créer de réelles recommandations.

Enfin, il serait intéressant d'inclure le critère « temps de réalisation des ETT » dans notre étude afin de limiter l'impact de ce biais comme l'avait réalisé Neelankavil et al dans son étude [31].

### 3. Ouverture

Au cours de ces dernières années, l'enseignement et la formation par simulation haute-fidélité a pris de plus en plus de place dans les différentes spécialités médicales. De nos jours, elle sert aussi bien comme méthode de formation que de méthode d'évaluation. De nombreuses raisons expliquent ce développement : la difficulté d'organiser une formation sur patient, le souci de ne plus apprendre « en premier » sur patient, assurant ainsi une plus grande sécurité et une diminution des erreurs médicales, le manque de temps des enseignants. Le mannequin haute-fidélité permet donc une optimisation de chaque instant.

L'apprentissage sur simulateur haute-fidélité révèle un caractère universel où chaque étudiant bénéficie de la même formation sans variabilité et avec une reproductivité à l'infinie. Les représentations 3D possibles avec certains simulateurs offrent une meilleure compréhension et donc un apprentissage accéléré. De plus, les nouvelles technologies permettent une meilleure approche et un réalisme autorisant toute sorte d'utilisation médicale, physiologique comme pathologique [24].

Bien que la simulation offre de nombreux avantages par rapport aux méthodes d'enseignement traditionnelles, plusieurs défis doivent être relevés pour garantir son utilisation optimale. Si elle permet une meilleure compréhension et donc une prise en main plus rapide au début, permet-elle de se perfectionner une fois les notions de bases acquises ? [33]. Il serait intéressant d'évaluer l'intérêt du simulateur dans l'amélioration des connaissances et le perfectionnement de celles-ci.

De nombreuses organisations ont déjà formulé des recommandations pour la formation à l'échographie [3,4,27]. Il serait intéressant d'évaluer la place de la simulation dans les programmes des formations et dans l'accréditation des niveaux, tout comme l'a fait Parks et al. Il a montré qu'avec une formation ciblée et 72 scénarios, les apprenants avaient développé un degré de compétence pour l'acquisition et l'interprétation d'un examen d'échographie spécifique via le simulateur [34].

Enfin, il n'existe pas de données concernant le temps minimum nécessaire de formation sur simulateur, ni sur la fréquence de ces formations pour acquérir, améliorer et entretenir les compétences requises pour l'ETT.

## VI. CONCLUSION

L'utilisation de la simulation haute-fidélité par le SIMBIONIX pour enseigner l'échocardiographie trans-thoracique est une réelle alternative à l'apprentissage des coupes de base sur patient ou volontaire sain. Cette étude a mis en évidence la non-infériorité de cette technique avec une qualité d'image comparable. Elle est reproductible, fiable et universelle. De plus, il existe une plus grande facilité d'apprentissage avec simulateur grâce à sa représentation 3D permettant ainsi un meilleur positionnement de la sonde, tout en assurant un cadre rassurant et sécurisé où la pratique peut être répétée autant que nécessaire.

Cet outil représente donc un réel enjeu pour la formation, le perfectionnement et l'acquisition des différents niveaux en échographie.

# BIBLIOGRAPHIE

1. Favot M, Courage C, Mantouffel J, Amponsah D. Ultrasound Training in the Emergency Medicine Clerkship. *West J Emerg Med.* nov 2015;16(6):938-42.
2. Bobbia X, Abou-Badra M, Hansel N, Pes P, Petrovic T, Claret PG, et al. Changes in the availability of bedside ultrasound practice in emergency rooms and prehospital settings in France. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine.* 1 juin 2018;37(3):201-5.
3. Recommandations de la SFMU / Société Française de Médecine d'Urgence - SFMU [Internet]. [cité 30 avr 2020]. Disponible sur: [https://www.sfm.org/fr/publications/recommandations-de-la-sfm/premier-niveau-de-competence-pour-l-echographie-clinique-en-medecine-d-urgence-texte-court-/con\\_id/426](https://www.sfm.org/fr/publications/recommandations-de-la-sfm/premier-niveau-de-competence-pour-l-echographie-clinique-en-medecine-d-urgence-texte-court-/con_id/426)
4. Neskovic AN, Hagedorff A, Lancellotti P, Guarracino F, Varga A, Cosyns B, et al. Emergency echocardiography: the European Association of Cardiovascular Imaging recommendations. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 1 janv 2013;14(1):1-11.
5. Masson E. Caractéristiques de la prise en charge des patients aux urgences [Internet]. EM-Consulte. [cité 8 juill 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1214490/alertePM>
6. Laursen CB, Sloth E, Lassen AT, Christensen R dePont, Lambrechtsen J, Madsen PH, et al. Point-of-care ultrasonography in patients admitted with respiratory symptoms: a single-blind, randomised controlled trial. *Lancet Respir Med.* août 2014;2(8):638-46.
7. Bedside Ultrasonography in the ICU - CHEST [Internet]. [cité 1 mai 2020]. Disponible sur: [https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692\(15\)50440-6/fulltext](https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692(15)50440-6/fulltext)
8. Emergency Ultrasound Guidelines. *Annals of Emergency Medicine.* 1 avr 2009;53(4):550-70.
9. Bradley P. The history of simulation in medical education and possible future directions. *Med Educ.* mars 2006;40(3):254-62.
10. American College of Emergency Physicians. Emergency ultrasound guidelines. *Ann Emerg Med.* avr 2009;53(4):550-70.
11. Michels G, Zinke H, Möckel M, Hempel D, Busche C, Janssens U, et al. [Recommendations for education in ultrasound in medical intensive care and emergency medicine: position paper of DGIIN, DEGUM and DGK]. *Med Klin Intensivmed Notfmed.* mai 2017;112(4):314-9.
12. Dieden A, Carlson E, Gudmundsson P. Learning echocardiography- what are the challenges and what may favour learning? A qualitative study. *BMC Medical Education.* 13 juin 2019;19(1):212.
13. Elison DM, McConnaughey S, Freeman RV, Sheehan FH. Focused cardiac ultrasound training in medical students: Using an independent, simulator-based curriculum to objectively measure skill acquisition and learning curve. *Echocardiography.* avr 2020;37(4):491-6.
14. Alba GA, Kelmenson DA, Noble VE, Murray AF, Currier PF. Faculty staff-guided versus self-guided ultrasound training for internal medicine residents. *Med Educ.* nov 2013;47(11):1099-108.
15. Magoon R, Sharma A, Ladha S, Kapoor PM, Hasija S. Simulation-based transthoracic echocardiography: « An anesthesiologist's perspective ». *Annals of Cardiac Anaesthesia.* 7 janv 2016;19(3):511.
16. Walsh C, Lydon S, Byrne D, Madden C, Fox S, O'Connor P. The 100 Most Cited Articles on Healthcare Simulation: A Bibliometric Review. *Simulation in Healthcare.* juin 2018;13(3):211–220.
17. Le Lous M, De Chanaud N, Bourret A, Senat MV, Colmant C, Jaury P, et al. Improving the quality of transvaginal ultrasound scan by simulation training for general practice residents. *Adv Simul (Lond).* 2017;2:24.
18. G P, C C, X R, P C, P B, E L, et al. The use of computerized echocardiographic simulation

- improves the learning curve for transesophageal hemodynamic assessment in critically ill patients. *Ann Intensive Care*. 7 avr 2016;6(1):27-27.
19. Juo Y-Y, Quach C, Hiatt J, Hines OJ, Tillou A, Burruss S. Comparative Analysis of Simulated versus Live Patient-Based FAST (Focused Assessment With Sonography for Trauma) Training. *J Surg Educ*. déc 2017;74(6):1012-8.
  20. Chaptal M, Tendron L, Claret P-G, Muller L, Markarian T, Mattatia L, et al. Focused Cardiac Ultrasound: A Prospective Randomized Study of Simulator-Based Training. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 1 mars 2020;33(3):404-6.
  21. Bentley S, Mudan G, Strother C, Wong N. Are Live Ultrasound Models Replaceable? Traditional versus Simulated Education Module for FAST Exam. *Western Journal of Emergency Medicine: Integrating Emergency Care with Population Health* [Internet]. 2015 [cité 30 avr 2020];16(6). Disponible sur: <https://escholarship.org/uc/item/3t9847h9>
  22. Vignon P, Pegot B, Dalmay F, Jean-Michel V, Bocher S, L'her E, et al. Acceleration of the learning curve for mastering basic critical care echocardiography using computerized simulation. *Intensive Care Med*. 2018;44(7):1097-105.
  23. Ultrasound Guidelines: Emergency, Point-of-Care and Clinical Ultrasound Guidelines in Medicine. *Ann Emerg Med*. mai 2017;69(5):e27-54.
  24. Simulation for transthoracic echocardiography of aortic valve [Internet]. [cité 30 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4971979/>
  25. Rambarat CA, Merritt JM, Norton HF, Black E, Winchester DE. Using Simulation to Teach Echocardiography: A Systematic Review. *Simulation in Healthcare*. déc 2018;13(6):413–419.
  26. Kuza CM, Hanifi MT, Koç M, Stopfkuchen-Evans M. Providing Transthoracic Echocardiography Training for Intensive Care Unit Trainees: An Educational Improvement Initiative. *Journal of Surgical Education*. 1 sept 2018;75(5):1342-50.
  27. Via G, Hussain A, Wells M, Reardon R, ElBarbary M, Noble VE, et al. International Evidence-Based Recommendations for Focused Cardiac Ultrasound. *Journal of the American Society of Echocardiography*. juill 2014;27(7):683.e1-683.e33.
  28. Canty D, Barth J, Yang Y, Peters N, Palmer A, Royse A, et al. Comparison of learning outcomes for teaching focused cardiac ultrasound to physicians: A supervised human model course versus an eLearning guided self- directed simulator course. *Journal of Critical Care*. 1 févr 2019;49:38-44.
  29. Edrich T, Seethala RR, Olenchock BA, Mizuguchi AK, Rivero JM, Beutler SS, et al. Providing initial transthoracic echocardiography training for anesthesiologists: simulator training is not inferior to live training. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. févr 2014;28(1):49-53.
  30. Bernard A, Chemaly P, Dion F, Laribi S, Remerand F, Angoulvant D, et al. Evaluation of the efficacy of a self-training programme in focus cardiac ultrasound with simulator. *Archives of Cardiovascular Diseases*. 1 oct 2019;112(10):576-84.
  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. *Anesthesia & Analgesia*. nov 2012;115(5):1042–1051.
  32. Jagneaux T, Caffery TS, Musso MW, Long AC, Zatarain L, Stopa E, et al. Simulation-Based Education Enhances Patient Safety Behaviors During Central Venous Catheter Placement. *J Patient Saf*. 4 oct 2017;
  33. Khanduja PK, Bould MD, Naik VN, Hladkiewicz E, Boet S. The Role of Simulation in Continuing Medical Education for Acute Care Physicians: A Systematic Review\*. *Critical Care Medicine*. janv 2015;43(1):186-93.
  34. Parks AR, Atkinson P, Verheul G, Leblanc-Duchin D. Can medical learners achieve point-of-care ultrasound competency using a high-fidelity ultrasound simulator?: a pilot study. *Crit Ultrasound J*. 19 nov 2013;5(1):9.

## Annexe 1

Critère	Échelle	Valeur
Pour chaque critère, il est utilisé une échelle de qualité analogique de 0 (non) à 10 (parfait).		
<b>Para-sternale grand axe (PSGA)</b>		
Ventricule droit visible	/10	
Ventricule gauche visible dans son grand axe	/10	
Septum interventriculaire visible	/10	
Valve mitrale, corde tendineuses et muscles papillaires visibles	/10	
Oreillette gauche visible	/10	
Aorte ascendante et valve tricuspide visibles	/10	
Ligne inféro-postérieure du péricarde visible	/10	
Aorte thoracique descendante visible	/10	
Total échelle PSGA	/80	/20
<b>Para-sternale petit axe (PSPA)</b>		
Ventricule gauche visible sur son petit axe	/10	
Vue centrée sur les muscles papillaires	/10	
Septum interventriculaire visible	/10	
Ventricule droit visible	/10	
Total échelle PSPA	/40	/20
<b>Apicale 4 cavités (A4C)</b>		
4 cavités visibles	/10	
Vue centrée sur le septum interventriculaire	/10	
Septum interventriculaire dans l'axe US	/10	
Valve mitrale et valve tricuspide visibles sur le même plan	/10	
Total échelle A4C	/40	/20
<b>Sous xiphoïdienne (SX4C)</b>		
4 cavités visibles	/10	
Valve mitrale et valve tricuspide visibles sur le même plan	/10	
Total échelle SX4C	/20	/20
<b>Vue veine cave inférieure (VCI)</b>		
Veine cave inférieure visible dans son grand axe	/10	
Continuité entre la veine cave inférieure et l'oreillette droite visible	/10	
Total échelle vue VCI	/20	/20
<b>Total échelle de qualité</b>		<b>/200</b>
<b>Échelle de qualité totale pondérée (objectif principal)</b>		<b>/100</b>



# SERMENT

- *En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Être suprême, 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 (e) 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 (se) et reconnaissant (e) envers mes Maîtres, 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 (e) d'opprobre et méprisé (e) de mes confrères si j'y manque.*

# RESUME

**Introduction :** L'échocardiographie est indispensable aux urgences ; sa formation est un enjeu tout comme le développement de mannequins de simulation haute-fidélité. L'objectif principal était de comparer les scores de qualité totale des coupes d'échographies réalisées par des internes, après formation sur simulateur ou sur volontaire sain. Les objectifs secondaires étaient de comparer les scores par coupe, la facilité d'apprentissage, le niveau de confiance à réaliser des ETT après formation et d'établir des courbes d'apprentissage.

**Matériel et méthode :** Cette étude prospective, observationnelle, randomisée en simple aveugle, a inclut les internes novices des urgences de Nîmes et Montpellier. Ils ont été formés aux coupes de base (PSGA, PSPA, A4C, VCI, SC4C) de l'ETT, sur volontaire sain ou simulateur SIMBIONIX. Les images des coupes de leurs dix premières ETT ainsi qu'un questionnaire d'auto-évaluation final ont été analysés.

**Résultats :** Sur 52 internes randomisés, 19 ont été inclus. Il n'y avait pas de différence significative concernant l'objectif principal (27,2 sur SIMBIONIX, vs 35,1 ( $p=0,46$ )). L'ajustement des facteurs de confusion n'a pas modifié ce résultat. Les scores de qualité de chaque coupe et les courbes d'apprentissage étaient comparables, tout comme le niveau de confiance pour réaliser les coupes d'ETT (28 vs 22,5 ( $p=0,07$ )). Il y avait cependant une plus grande facilité d'apprentissage, toutes coupes confondues pour le SIMBIONIX (30 vs 19,5 ( $p=0,0014$ )).

**Conclusion :** L'apprentissage des coupes de bases d'échocardiographie avec le SIMBIONIX est aussi efficace que la méthode conventionnelle sur volontaire sain, leur qualité d'images est comparable. De plus, il existe une plus grande facilité d'apprentissage avec simulateur.

**Mots clés :** Échocardiographie / Simulateur / Apprentissage / Enseignement / Simbionix / Urgences