



HAL
open science

Intérêt d'un outil automatique dans l'apprentissage de la mesure de l'ITV sous aortique

Marion Chabanon

► To cite this version:

Marion Chabanon. Intérêt d'un outil automatique dans l'apprentissage de la mesure de l'ITV sous aortique. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-03657883

HAL Id: dumas-03657883

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03657883>

Submitted on 3 May 2022

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 DE MONTPELLIER
FACULTE DE MEDECINE MONTPELLIER-NIMES

THESE

Pour obtenir le titre de
DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement
Par
Marion CHABANON

Le 01/04/2022

Intérêt d'un outil automatique dans l'apprentissage de la
mesure de l'ITV sous aortique.

Directeur de thèse : Pr BOBBIA Xavier

JURY

Président : Monsieur le Professeur Pierre-Géraud CLARET
Assesseurs : Monsieur le Professeur Xavier BOBBIA
Monsieur le Docteur Olivier BARBOT

UNIVERSITE DE MONTPELLIER
FACULTE DE MEDECINE MONTPELLIER-NIMES

THESE

Pour obtenir le titre de
DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement
Par
Marion CHABANON

Le 01/04/2022

Intérêt d'un outil automatique dans l'apprentissage de la
mesure de l'ITV sous aortique.

Directeur de thèse : Pr BOBBIA Xavier

JURY

Président : Monsieur le Professeur Pierre-Géraud CLARET
Assesseurs : Monsieur le Professeur Xavier BOBBIA
Monsieur le Docteur Olivier BARBOT

LISTE DU CORPS ENSEIGNANT

ANNEE UNIVERSITAIRE 2021-2022 PERSONNEL ENSEIGNANT

Professeurs Honoraires

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

Professeurs Emérites

Docteurs Emerites

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

PRAT Dominique
PUJOL Joseph

Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers

PU-PH de classe exceptionnelle

ALRIC Pierre	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option chirurgie vasculaire)
BACCINO Eric	Médecine légale et droit de la santé
BEREGI Jean-Paul	Radiologie et imagerie médicale
BLAIN Hubert	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
BOULOT Pierre	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
CANOVAS François	Anatomie
CAPDEVILA Xavier	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
CHAMMAS Michel	Chirurgie orthopédique et traumatologique
COLSON Pascal	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
COSTES Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
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
CYTEVAL Catherine	Radiologie et imagerie médicale
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
HAMAMAH Samir	Biologie et Médecine du développement et de la reproduction ; gynécologiemédicale
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
JORGENSEN Christian	Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie
KOENIG Michel	Génétique
KOTZKI Pierre Olivier	Biophysique et médecine nucléaire

LABAUGE Pierre	Neurologie
LAFFONT Isabelle	Médecine physique et de réadaptation
LEFRANT Jean-Yves	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
LEHMANN Sylvain	Biochimie et biologie moléculaire
LUMBROSO Serge	Biochimie et Biologie moléculaire
MARIANO-GOULART Denis	Biophysique et médecine nucléaire
MERCIER Jacques	Physiologie
MEUNIER Laurent	Dermato-vénérologie
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
VERNHET Hélène	Radiologie et imagerie médicale
YCHOU Marc	Cancérologie ; radiothérapie

PU-PH de 1^{re} classe

AGUILAR MARTINEZ Patricia	Hématologie ; transfusion
ASSENAT Éric	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
AVIGNON Antoine	Nutrition
AZRIA David	Cancérologie ; radiothérapie
BAGHDADLI Amaria	Pédopsychiatrie ; addictologie
BLANC Pierre	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
BORIE Frédéric	Chirurgie viscérale et digestive
BOURDIN Arnaud	Pneumologie ; addictologie
CAMBONIE Gilles	Pédiatrie

CAMU William	Neurologie
CAPTIER Guillaume	Anatomie
CARTRON Guillaume	Hématologie ; transfusion
CAYLA Guillaume	Cardiologie
CHANQUES Gérald	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
CORBEAU Pierre	Immunologie
COULET Bertrand	Chirurgie orthopédique et traumatologique
CUVILLON Philippe	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
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
GUILLAUME Sébastien	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
GUIU Boris	Radiologie et imagerie médicale
HAYOT Maurice	Physiologie
HOUEDE Nadine	Cancérologie ; radiothérapie
JUNG Boris	Médecine intensive-réanimation
KALFA Nicolas	Chirurgie infantile
KLOUCHE Kada	Médecine intensive-réanimation
KOUYOUMDJIAN Pascal	Chirurgie orthopédique et traumatologique
LACHAUD Laurence	Parasitologie et mycologie
LAVABRE-BERTRAND Thierry	Histologie, embryologie et cytogénétique
LAVIGNE Jean-Philippe	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
LE MOING Vincent	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
LECLERCQ Florence	Cardiologie

MATECKI Stéfán	Physiologie
MORANNE Olivier	Néphrologie
MOREL Jacques	Rhumatologie
NAVARRO Francis	Chirurgie viscérale et digestive
NOCCA David	Chirurgie viscérale et digestive
PANARO Fabrizio	Chirurgie viscérale et digestive
PASQUIE Jean-Luc	Cardiologie
PEREZ MARTIN Antonia	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option médecine vasculaire)
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
ROGER Pascal	Anatomie et cytologie pathologiques
TRAN Tu-Anh	Pédiatrie

PU-PH de 2ème classe

BOBBIA Xavier	Médecine d'urgence
BOURGIER Céline	Cancérologie; radiothérapie
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
DAIEN Vincent	Ophthalmologie
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
GUILPAIN Philippe	Médecine Interne, gériatrie et biologie du vieillissement; addictologie
HERLIN Christian	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique, brûlologie

IMMEDIATO DAIEN Claire	Rhumatologie
JACOT William	Cancérologie ; Radiothérapie
JEZIORSKI Eric	Pédiatrie
LALLEMANT Benjamin	Oto-rhino-laryngologie
LATTUCA Benoît	Cardiologie
LE QUINTREC DONNETTE Moglie	Néphrologie
LETOUZEY Vincent	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
LONJON Nicolas	Neurochirurgie
LOPEZ CASTROMAN Jorge	Psychiatrie d'Adultes ; addictologie
LUKAS Cédric	Rhumatologie
MENJOT de CHAMPFLEUR Nicolas	Radiologie et imagerie médicale
MILLET Ingrid	Radiologie et imagerie médicale
MURA Thibault	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de la communication
NAGOT Nicolas	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de la communication
OLIE Emilie	Psychiatrie d'adultes; addictologie
PARIS Françoise	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologiemédicale
PELLESTOR Franck	Histologie, embryologie et cytogénétique
POUDEROUX Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
RIGAU Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
RIVIER François	Pédiatrie
ROGER Claire	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
ROSSI Jean François	Hématologie ; transfusion
ROUBILLE François	Cardiologie
SEBBANE Mustapha	Médecine d'urgence
SIRVENT Nicolas	Pédiatrie
SOLASSOL Jérôme	Biologie cellulaire
STERKERS Yvon	Parasitologie et mycologie
STOEBNER Pierre	Dermato-vénéréologie
SULTAN Ariane	Nutrition
THOUVENOT Éric	Neurologie
THURET Rodolphe	Urologie
TUAILLON Edouard	Bactériologie-virologie; hygiène hospitalière

VENAIL Frédéric Oto-rhino-laryngologie
VILLAIN Max Ophtalmologie
VINCENT Denis Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
VINCENT Thierry Immunologie

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

1^{re} classe :

COLINGE Jacques (Cancérologie, Signalisation cellulaire et systèmes complexes)
LAOUDJ CHENIVESSE Dalila (Biochimie et biologie moléculaire)
VISIER Laurent (Sociologie, démographie)

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - Médecine générale

1^{re} classe :

LAMBERT Philippe
AMOUYAL Michel

PROFESSEURS ASSOCIES - Médecine Générale

CLARY Bernard
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 - Echelon Exceptionnel

MARTRILLE Laurent Médecine légale et droit de la santé

RICHARD Bruno Médecine palliative

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

MCU-PH de 1^{re} classe

BERTRAND Martin Anatomie

BOUDOUSQ Vincent Biophysique et médecine nucléaire

BRET Caroline Hématologie biologique

BROUILLET Sophie Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologiemédicale

COSSEE Mireille Génétique

GIRARDET-BESSIS
Anne Biochimie et biologie moléculaire

HERRERO Astrid Chirurgie viscérale et digestive

LAVIGNE Géraldine Hématologie ; transfusion

LESAGE François-Xavier Médecine et Santé au Travail

MATHIEU Olivier Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie

MOUZAT Kévin Biochimie et biologie moléculaire

PANABIERES Catherine Biologie cellulaire

RAVEL Christophe Parasitologie et mycologie

SCHUSTER-BECK Iris Physiologie

THEVENIN-RENE Céline Immunologie

MCU-PH de 2^{ème} classe

BARATEAU Lucie	Physiologie
BERGOUX Anne	Génétique
BOETTO Julien	Neurochirurgie
CHIRIAC Anca	Immunologie
DE JONG Audrey	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
DESHAYES Emmanuel	Biophysique et médecine nucléaire
DU THANH Aurélie	Dermato-vénéréologie
FITENI Frédéric	Cancérologie ; radiothérapie
GATINOIS Vincent	Histologie, embryologie et cytogénétique
GOUZI Farès	Physiologie
HERBAUX Charles	Hématologie, transfusion
HUBERLANT Stéphanie	Gynécologie-obstétrique ; Gynécologie médicale
LEVEQUE Maude	Parasitologie et mycologie
MAKINSON Alain	Maladies infectieuses, Maladies tropicales
MARIA Alexandre	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
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

Maitres de Conférences des Universités

Maitres de Conférences hors classe

BERNEX Florence	Physiologie
CHAZAL Nathalie	Biologie cellulaire

Maitres de Conférences de classe normale

BECAMEL Carine	Neurosciences
CHAUMONT-DUBEL Séverine	Sciences du médicament et des autres produits de santé
DELABY Constance	Biochimie et biologie moléculaire
GUGLIELMI Laurence	Sciences biologiques fondamentales et cliniques
HENRY Laurent	Sciences biologiques fondamentales et cliniques
HERBET Guillaume	Neurosciences

LADRET Véronique	Mathématiques appliquées et applications des mathématiques
LAINÉ Sébastien	Sciences du Médicament et autres produits de santé
LE GALLIC Lionel	Sciences du médicament et autres produits de santé
LOZZA Catherine	Sciences physico-chimiques et technologies pharmaceutiques
MAIMOUN Laurent	Sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé
MOREAUX Jérôme	Science biologiques, fondamentales et cliniques
MORITZ-GASSER Sylvie	Neurosciences
MOUTOT Gilles	Philosophie
PASSERIEUX Emilie	Physiologie
RAMIREZ Jean-Marie	Histologie
RAYNAUD Fabrice	Sciences du Médicament et autres produits de santé
TAULAN Magali	Biologie Cellulaire

Maîtres de Conférences des Universités - Médecine Générale

MCU-MG de 1^{re} classe

COSTA David

OUDE ENGBERINK Agnès

MCU-MG de 2^{ème} classe

FOLCO-LOGNOS Béatrice

CARBONNEL François

Maîtres de Conférences associés - Médecine Générale

CAMPAGNAC Jérôme

LOPEZ Antonio

MILLION Elodie

MINET Mathilde

PAVAGEAU Sylvain

REBOUL Marie-Catherine

SERAYET Philippe

Praticiens Hospitaliers Universitaires

CAZAUBON Yoann	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
DAGNEAUX Louis	Chirurgie orthopédique et traumatologique
DUFLOS Claire	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de la communication
GOULABCHAND Radjiv	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
MIOT Stéphanie	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
ROCH Benoît	Pneumologie, addictologie
SARRABAY Guillaume	Génétique
SOUCHE François-Régis	Chirurgie viscérale et digestive

PH chargés d'enseignements

ABOUKRAT Patrick	BRINGER-DEUTSCH Sop	DJANIKIAN Flora	LE MOINE DONY Marie-Christine	RIDOLFO Jérôme
AGUILHON Sylvain	BRINGUIER BRANCHERE	DONNADIEU-RIGOLE Hélène	LETERTRE Simon	RIPART Sylvie
AKKARI Mohamed	BRISOT Dominique	FAIDHERBE Jacques	LOPEZ Régis	RONGIERES Michel
ALRIC Jérôme	BRONER Jonathan	FATTON Brigitte	LUQUIENS Amandine	ROULET Agnès
AMEDRO Pascal	CADE Stéphane	FAUCHERRE Vincent	MANZANERA Cyril	RUBENOVITCH Josh
AMOUROUX Cyril	CAIMMI Davide Paolo	FAURE Elsa	MARGUERITTE Emmanuel	SANTONI Fannie
ANTOINE Valéry	CARR Julie	FILLERON Anne	MARTIN Lucille	SASSO Milène
ARQUIZAN Caroline	CARTIER César	FILLOLS Mélanie	MATTATIA Laurent	SCHULDINER Sophie
ATTALIN Vincent	CASPER Thierry	FITENI Frédéric	MEROUEH Fadi	SEGURET Fabienne
AYRIGNAC Xavier	CASSINOTTO Christophe	FOURNIER Philippe	MEYER Pierre	SENESSE Pierre
BADR Maliha	CATHALA Philippe	GAILLARD Nicolas	MICHEL Moïse	SERRE Jean-Emmanuel
BAIS Céline	CAZABAN Michel	GALMICHE Sophie	MILESI Christophe	SKALLI EI Medhi
BARBAR Saber Davide	CHARBIT Jonathan	GENY Christian	MORAU Estelle	SOLA Christelle
BASSET Didier	CHEVALLIER Thierry	GERONIMI Laetitia	MORQUIN David	SOULLIER Camille
BATIFOL Dominique	CHEVALLIER-MICHAUD J	GINIES Patrick	MOSER Camille	SOUKSI MEDIONI Isabelle
BATTISTELLA Pascal	COLIN Olivier	GRECO Frédéric	MOUSTY Eve	STOEBNER DELBARRE Anne
BAUCHET Luc	CONEJERO Ismael	GUEDJ Anne Marie	MOUTERDE Gaël	TEOT Luc
BELL Ariane	CONSEIL Mathieu	GROSSIN Delphine	PANSARD Nicole	THIRION Marina
BENEZECH Jean-Pierre	CORBEAU Catherine	GUYON Gaël	PERNIN Vincent	TUNEZ Virginie
BENNYS Karim	COROIAN Flavia-Oana	HEDON Christophe	PERRIGAULT Pierre François	VACHIERY-LAHAYE Florence
BERNARD Nathalie	COUDRAY Sarah	HENRY Vincent	PEYRON Pierre-Antoine	VERNES Eric
BERTCHANSKY Ivan	CRANSAC Frédéric	JAMMET Patrick	PICARD Eric	VIALA Maurice
BIBOULET Philippe	CUNTZ Danielle	JEDRYKA François	PICOT Marie Christine	VINCENT Laure
BIRON-ANDREANI Christine	DARDALHON Brigitte	JREIGE Riad	PIERONI Laurence	WAGNER Laurent
BLANC Brigitte	DAVID Aurore	KINNE Mélanie	POQUET Hélène	WALTHER LOUVIER Ulrike
BLANCHARD Sylvie	DE BOUTRAY Marie	LABARIAS Coralie	PUJOL Sarah-Lise	ZERKOWSKI Laetitia
BLANCHET Catherine	DE LA TRIBONNIÈRE Xav	LABORDE Caroline	PUPIER Florence	
BLATIERE Véronique	DEBIEN Blaise	LACAMBRE Mathieu	QUANTIN Xavier	
BOBBIA Xavier	DELPONT Marion	LANG Philippe	RAFFARD Laurence	
BOGE Gudrun	DENIS Hélène	LAZERGES Cyril	RAPIDO Francesca	
BOURRAIN Jean Luc	DEVILLE de PERIERE Gil	LE GUILLOU Cédric	RIBRAULT Alice	
BOUYABRINE Hassan	DI CASTRI Alberto	LEGLISE Marie Suzanne	RICHAUD-MOREL Brigitte	

REMERCIEMENTS

A Monsieur le **Professeur Pierre-Géraud Claret**, pour avoir accepté de présider ce jury de thèse et pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail. Merci également pour votre accueil et votre accompagnement dans votre service depuis le début de l'internat.

A Monsieur le **Professeur Xavier Bobbia**, pour l'accompagnement dont tu as fait preuve depuis mon premier semestre et pour m'avoir transmis une partie de ta passion pour l'échographie mais également pour l'enseignement. Merci encore de ne pas avoir désespéré du temps que prenaient les inclusions, et pour l'enthousiasme que tu as su manifester dans les moments où moi-même je désespérais un peu de ce travail. J'espère avoir l'occasion de travailler de nouveau avec toi dans le futur.

A Monsieur le **Docteur Olivier Barbot**, pour ton accueil et ton encadrement dans le service de réanimation de Perpignan. J'y venais avec beaucoup d'appréhension après un semestre loin de l'hôpital mais la bonne humeur de ton équipe et ta bienveillance m'ont fait m'y sentir chez moi. Vous avez grandement participé à ce que je devienne « médecin », et je suis heureuse que tu aies répondu présent pour ce jour qui marque la fin de mon internat.

Aux médecins qui m'ont aidé pour cette étude :

Dr Mattei et **Dr Gardon**, pour l'encadrement des internes sur Toulon et Marseille

Laura et Fabien, pour vos conseils avisés et votre calme face à mon stress lors de la rédaction

Sylvain, pour ton enthousiasme à enseigner l'échographie aux urgences

A ceux qui m'ont accompagné pendant les années d'internat :

La team des **urgentistes** : ma petite Mémé (team brico dépôt), Méli (on va au poney ?), Mohammed, Manon, Lou, Hélène et Ness... On se suit de plus ou moins loin depuis le premier semestre, avoir eu l'occasion d'être votre interne a été chouette, mais l'idée d'être votre collègue l'est encore plus. Merci pour l'humour (noir), les covoit, les debriefs, les cafés... Aller à l'hosto avec vous est toujours un plaisir.

Les **MITologues** : JB (mon référent diabète et politique), Cédric (juste ce qu'il faut de folie douce), Esra (passion sieste et bouffe), Julie et Agathe (bébés docs avec moi), merci pour ce deuxième semestre, pour m'avoir supporté quand je ne savais pas encore prescrire du doliprane et de l'augmentin. Nathalie, Clotilde et David merci pour tous ce que vous avez pu m'apprendre tant sur le plan médical que sur le plan humain. Flavien, pour ton accompagnement dans la tempête à Sète.

La team **pédia** : Marie, Vass, Guillaume, Théo et Julie, à nos gouters, les parties de petit bac, les apremis à râler, les covoit, les prises en charge « bisou sur le front » et la redécouverte des comptines pour enfant. On aura passé plus de temps que nécessaire dans ces urgences mais on y aura bien rigolé.

La **réa** au soleil : Dorian, Léa, Romain, Raph et Cécilou, ce semestre à Perpi à vos côtés a été riche en émotions et je suis heureuse de vous avoir eu à mes côtés pour tout ça. On aurait pu finir en s'inscrivant aux prochains JO de ping-pong quand même. Merci à l'équipe médicale et paramédicale pour tout ce que vous nous avez appris, y compris à rire et à voir le verre à moitié plein dans les situations tristes.

Et enfin les copines du **SMUR**, mes dernières co-internes : Justine mon chat blanc préféré, Chloé je crois qu'il faut qu'on râle un peu moins, Faustine je te garde une place sur le canapé rouge, Charlotte réserve nous une place au Carolan's.

A mes **parents**, je n'ai pas de mots suffisants pour vous remercier du soutien que vous avez pu m'apporter tout au long de ces (interminables) années d'études. Merci de me montrer qu'en voulant vraiment faire les choses et qu'on se donne les moyens, elles sont toujours à notre portée. Merci d'avoir toujours répondu présents pour toutes mes galères et les moments difficiles, jusqu'à l'autre bout de la planète. Et puis surtout, merci d'être là pour les moments chouettes de la vie aussi (et m'expliquer comment tout ça marche), je vous aime. Si j'en suis là c'est grâce à vous.

Alice et Camille, c'est un peu grâce à vous aussi, et si j'aime toujours autant quand on se tape dessus (avec le plat de la main), je suis heureuse de pouvoir compter sur vous quand il faut, malgré la distance. Vous me motivez à donner le meilleur de moi-même et à aller toujours plus loin.

A ma petite **Grand-mère**, je suis tellement heureuse que tu puisses être là aujourd'hui. Ton soutien discret mais inconditionnel compte énormément pour moi, et tu m'auras permis de réaliser tant de projets durant ces études. Merci pour tous ces souvenirs d'enfance puis ces conversations d'adultes, pour ta culture et ta curiosité débordante, et pour être une source d'inspiration sans fin.

A la famille que je ne vois pas assez, merci Marie-Laure et les Moreau pour la bonne humeur aux réunions de famille.

A **Carolin** mon lapin, mon binôme. Si on m'avait dit sur les bancs de l'EAI où en serait 15 ans plus tard, j'aurai bien ri. Merci d'être là depuis le début, pour toutes ces découvertes faites ensemble, la synchro, les études, les soirées, la danse, les châteaux de mickey et les selfies privilégiés (la tête de rat ♥), les petits thés pour débriefer de tout ce temps qui passe... Je compte sur toi pour nous pimper quand on sera vieilles et qu'on continuera à refaire le monde.

A la team **Résurrection**, pour toutes ces années d'externat, votre folie et votre bonne humeur, c'est toujours avec autant de plaisir que je vous retrouve : maman Méli la reine de l'orga, Marie même si tu dis pas au revoir quand tu pars, Sarachou et tes réparties incroyables, mon Fabiche avec ton smile indéfectible, Nadou et ton trop plein d'énergie, Yaman toujours classe et toujours motivé pour faire la fête dans des baraques stylées, Jacky merci de nous inciter à bouger et prendre l'air, Seb le meilleur binôme de D4, Anne avec ton humour discret et ton calme incroyable, Lucas mon fil rouge avec Loïc.

Mon Loïc je ne sais comment te remercier pour ton amitié et tout ce que l'on a partagé. Merci pour ton esprit critique et curieux, pour me faire sortir de ma zone de confort, pour m'avoir appris à aimer la bonne bière (tu veux une Grim ?) et la bonne musique... Merci d'être là.

A mes copains voisins : **Alice et Raf** je suis tellement heureuse d'être venue vous aider à emménager. Je ne compte plus les apéros, les soirées jeux, les réunions clandestines malgré le couvre-feu, les pizzas et toutes ces belles choses qu'on a pu partager. Mon Alice je sais qu'avec toi à mes côtés les urgences ne peuvent que bien se passer. Mon Raf merci pour ces cafés/ croissants en télétravail et pour pouvoir parler de tout, même si c'est difficile (faut me laisser ranger un peu par contre).

Aux **moldus** qui me supportent depuis plus ou moins longtemps, ces belles rencontres montpellieraines, merci d'écouter mes histoires (pas toujours) drôles, d'essayer de comprendre mon emploi du temps compliqué pour aller boire des coups :

Alex ne change pas ton humour noir, et il faut vraiment qu'on retourne danser (et non je te peux pas donner ta carte de visite au taff) ;

Dorian merci pour ton amitié et ton soutien depuis que tu as squatté le canapé de Vincent il y a ce qui semble une éternité ;

Leslie et Lorelei mes bichettes préférées, merci pour votre bonne humeur à toute épreuve, la Croatie n'aurait pas été aussi belle sans vous ;

Pankaj french or english version ? Un jour on ira en Inde ensemble et on mangera des chapatis ;

Fred promis on prendra le temps de découvrir quelle roublarde je suis, mais il y a vraiment trop de jeux à faire avant...

Clémence et Nico merci pour ces petits moments au calme avec les voisins ;

Florent, Aurélien, Viko et PB, merci pour ces games (un jour je m'améliorerai peut être) et ces soirées Broc, vous êtes la belle rencontre de cette année et j'ai hâte de découvrir la suite !

Jérém même si tu ne me liras pas, juste merci d'être là.

Table des matières

LISTE DU CORPS ENSEIGNANT	3
REMERCIEMENTS	16
LISTE DES ABREVIATIONS	20
1. INTRODUCTION	21
2. MATERIEL ET METHODE	23
2.1. Approbation éthique et consentement	23
2.2. Caractéristique de l'étude	23
2.3. Objectifs et critères de jugement	23
2.4. Population à l'étude	24
2.5. Formation des étudiants	24
2.6. Taille de l'échantillon	25
2.7. Analyse statistique	25
3. RESULTATS	27
3.1. Description de la population	27
3.2. Objectif principal	29
3.3. Objectifs secondaires	29
4. DISCUSSION	32
5. CONCLUSION	37
BIBLIOGRAPHIE	38
ANNEXE - Fiche de recueil de données	41
SERMENT D'HIPPOCRATE	42
RESUME	44

LISTE DES ABREVIATIONS

BPCO : Broncho-pneumopathie chronique obstructive

ECMU : Echographie clinique en médecine d'urgence

ETT : Echographie transthoracique

FC : Fréquence cardiaque

GCS : Glasgow coma score

IC95% : Intervalle de confiance à 95%

ICC : coefficient de corrélation interclasse

IRB : Institutional Review Board

ITV : Intégrale temps vitesse

ITV_{man} : ITV manuelle

ITV_{auto} : ITV automatique

DC : Débit cardiaque

SFMU : Société Française de médecine d'urgence

SpO₂ : Saturation pulsée en oxygène

TAS : Tension artérielle systolique

TAD : Tension artérielle diastolique

VES : Volume d'éjection systolique

1. INTRODUCTION

L'évaluation du débit cardiaque (DC) est utile à la prise en charge des patients en détresse vitale. Lors de la gestion d'un état de choc, la mesure du DC et du volume d'éjection systolique (VES) sont recommandés pour évaluer la réponse au traitement, notamment au remplissage vasculaire (1–3). Les techniques de référence pour le calcul du DC en réanimation sont le cathétérisme de l'artère pulmonaire (cathéter de Swan-Ganz) et la thermodilution transpulmonaire (nécessitant un cathéter veineux central et un cathéter artériel), mais ces deux techniques sont invasives (4). En médecine d'urgence les outils diagnostiques et de monitoring doivent être précis mais non invasifs, rapides et faciles d'utilisation.

La technique d'échographie clinique en médecine d'urgence (ECMU) la plus utilisée pour l'estimation du DC est la mesure de l'intégrale temps vitesse sous-aortique (ITV) (1). Si l'ITV est un reflet du VES, il permet le calcul du DC. La corrélation du DC ainsi évalué au DC mesuré par technique invasive permet son utilisation en pratique (5). La reproductibilité intra et inter-individuelle de l'ITV est bonne si l'ETT est réalisée par un médecin expérimenté (6). Le VES, et donc l'ITV, pouvant être amenés à varier en fonction du cycle respiratoire, il est recommandé de mesurer et faire la moyenne de 3 à 5 ITV pour obtenir une donnée fiable (5,7–9). Cette contrainte entraîne une durée de réalisation de chaque mesure importante. Un outil permettant de calculer automatiquement l'ITV et le DC en faisant une moyenne des ITVs durant 4 secondes (ITV_{auto}) est déployé sur certains échographes depuis quelques années. Dans une étude expérimentale notre équipe a montré une bonne corrélation entre le DC calculé par ITV_{auto} et celui mesuré par thermodilution (10).

Le déploiement de l'ECMU a été permis par l'enseignement universitaire et post universitaire (11–14). Les recommandations formalisées d'expert de la Société Française de Médecine d'Urgence (SFMU) préconisent que l'apprentissage de l'ECMU soit réalisée grâce à des stages seniorisés et un carnet de stage (11) : les étudiants réalisent des examens que les enseignants contrôlent. Il est

probable qu'au cours de leur apprentissage les étudiants réalisent des mesures de plus en plus proches de celles de médecins référents. Un niveau d'autonomisation permettant à un médecin formé de prendre des décisions thérapeutiques sur la base de ses mesures est nécessaire. La précision d'une mesure étant un enjeu important pour les patients, une mesure inappropriée du DC pourrait mener à des décisions cliniques et thérapeutiques inadaptées (15,16).

Notre hypothèse était que l'automatisation de la mesure de l'ITV (ITV_{auto}) permettrait à des étudiants débutants d'obtenir des mesures plus proches de celles réalisés par leur médecin référent que la méthode manuelle. L'objectif principal de notre étude était de comparer la concordance entre une mesure d'ITV réalisée par un expert et celle réalisée par un étudiant en début d'apprentissage avec une mesure manuelle ou avec une mesure automatisée.

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. *Approbation éthique et consentement*

En accord avec la loi française (17), le protocole a été approuvé par l'IRB du CHU de Nîmes (accord numéro 19.11.01 en date du 4/11/2019).

2.2. *Caractéristique de l'étude*

Il s'agissait d'une étude observationnelle prospective multicentrique, menée dans 3 centres : le service des urgences du CHU de Nîmes, le service des urgences de l'AP-HM Marseille Timone, et le service des urgences du CH de Toulon Sainte Musse.

2.3. *Objectifs et critères de jugement*

L'objectif principal de notre étude était de comparer les concordances entre les mesures d'ITV réalisées par un expert et celles réalisées par un interne en cours d'apprentissage lorsqu'ils utilisaient une technique manuelle (ITV_{man}) ou automatique (ITV_{auto}). Le critère de jugement principal est représenté par les coefficients de corrélations de concordance (r) entre l' ITV_{man} de l'expert (ITV_{man_exp}) et de l'interne (ITV_{man_int}), et entre ITV_{auto} de l'expert (ITV_{auto_exp}) et de l'interne (ITV_{auto_int}). L'ensemble des ITV_{man} ont été calculés en faisant la moyenne de 3 ITVs consécutives.

Les objectifs secondaires étaient d'évaluer la concordance entre [1] la mesure de l' ITV_{auto} effectuée par l'interne et la mesure de l' ITV_{man} effectuée par le médecin expérimenté ; [2] les mesures d' ITV_{man} et ITV_{auto} effectuées par le médecin expérimenté ; [3] les mesures d' ITV_{man} et ITV_{auto} effectuées par l'interne. Les critères de jugement secondaires sont les coefficients de corrélation de concordance (r) entre [1] l' ITV_{man_exp} et l' ITV_{auto_int} ; [2] l' ITV_{man_exp} et l' ITV_{auto_exp} ; [3] l' ITV_{man_int} et l' ITV_{auto_int} .

2.4. Population à l'étude

Les internes en médecine n'ayant jamais réalisé de mesure d'ITV en échographie et acceptant de participer à l'étude pouvaient être inclus. Les médecins experts étaient des enseignants en échographie ou médecins ayant reçu une formation universitaire d'échographie avec réalisation d'au moins 50 mesures d'ITV. Tout patient de plus de 18 ans, pris en charge par un interne ou un expert, et relevant d'une indication de mesure d'ITV posée par l'expert pouvait être inclus dans l'étude. Les patients étaient avertis de l'étude et un consentement oral était obtenu. N'étaient pas incluses les mesures réalisées chez des patients en arythmie (18), des femmes enceintes, et chez des patients refusant de participer à l'étude.

2.5. Formation des étudiants

Les étudiants ont reçu une formation courte standardisée avant inclusion. Elle était divisée en deux parties :

- Visionnage d'une vidéo standardisée de 10 min expliquant et montrant comment réaliser la mesure d'une ITV manuellement et de manière automatique ;
- Exercice pratique des mesures sur des volontaires sains, supervisés par un médecin expert, avec pour objectif d'obtenir une mesure manuelle et une mesure automatique de l'ITV.

Comme il est recommandé, l'ITV a été obtenue par l'utilisation d'une coupe d'échocardiographie 5 cavités avec une sonde *phased array*, en positionnant la boîte de doppler pulsé en dessous des valves aortiques dans l'axe du flux d'éjection du ventricule gauche (19). Pour les mesures automatiques, l'investigateur désignait la chambre de chasse du ventricule gauche sur l'écran tactile s'il jugeait que l'échographe ne l'avait pas placé correctement. L'appareil optimisait l'emplacement d'enregistrement du doppler pulsé, traçait et calculait la moyenne des ITV sur 4 secondes. L'interne ou l'expert contrôlait la qualité du tracé automatique des ITVs.

Pour permettre d'évaluer les internes encore inexpérimentés, seules les 5 premières mesures réalisées par l'interne sur des patients ont été analysées dans l'étude. Les échographies ont toutes

été réalisées sur un appareil d'échographie de type VENUE (Venue, GE Medical Systems, Milwaukee, Wis) et une sonde de type *phased-array* (M3S).

2.6. Taille de l'échantillon

Une étude récente conduite en réanimation après une formation initiale courte évaluait la variabilité inter observateur de la mesure du DC grâce à l'ITV avec un coefficient de corrélation interclasse (ICC) de 0,6 [0,31 ; 0,82] (20). Cette corrélation était entre étudiants. Dans notre étude, le critère de jugement principal se basant sur l'ITV, nous réduisons le risque de discordance dû à la mesure de la chambre de chasse aortique. De plus, nous avons fait l'hypothèse que la concordance serait meilleure grâce à l'automatisation de l'ITV. Étudiant le même type de données, l'ICC précédemment décrit et le coefficient de concordance de Lin que nous cherchions à calculer sont très proches dans leur interprétation (21). Notre hypothèse était donc que nous attendions un coefficient de corrélation de concordance à 0,75 entre l' ITV_{auto_exp} et l' ITV_{auto_int} , avec une borne basse de l'IC à 95 % supérieure à 0,6. Nous avons supposé une différence moyenne de 1 cm entre les deux mesures (écart-types à 3,7 cm). Avec ces hypothèses, 61 paires de mesures étaient nécessaires. Par mesure de sauvegarde et de prévisions d'exclusions et de données manquantes, nous avons inclus 70 paires de mesures.

2.7. Analyse statistique

Les variables quantitatives sont exprimées sous forme de moyenne et écart-type ou sous forme de médiane et quartiles selon leur distribution. Les variables qualitatives sont exprimées sous forme d'effectif et de pourcentage.

Un nuage de points a été utilisé pour représenter les valeurs des mesures d'ITV. L'évaluation de la concordance a été réalisée à l'aide de l'estimation du coefficient de concordance de Lin assorti de son intervalle de confiance à 95 %. L'évaluation de la concordance a été complétée par la recherche d'un biais éventuel par la méthode graphique de Bland et Altman (22). Le biais, les

limites de concordance ainsi que les intervalles de confiance à 95% sont exprimés. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SAS version 9.4 (SAS Institute Inc.).

3. RESULTATS

3.1. Description de la population

Soixante-dix patients ont bénéficié de deux paires de mesures entre le 11/11/2019 et le 10/01/2022.

Le diagramme de flux est représenté en Figure 1.

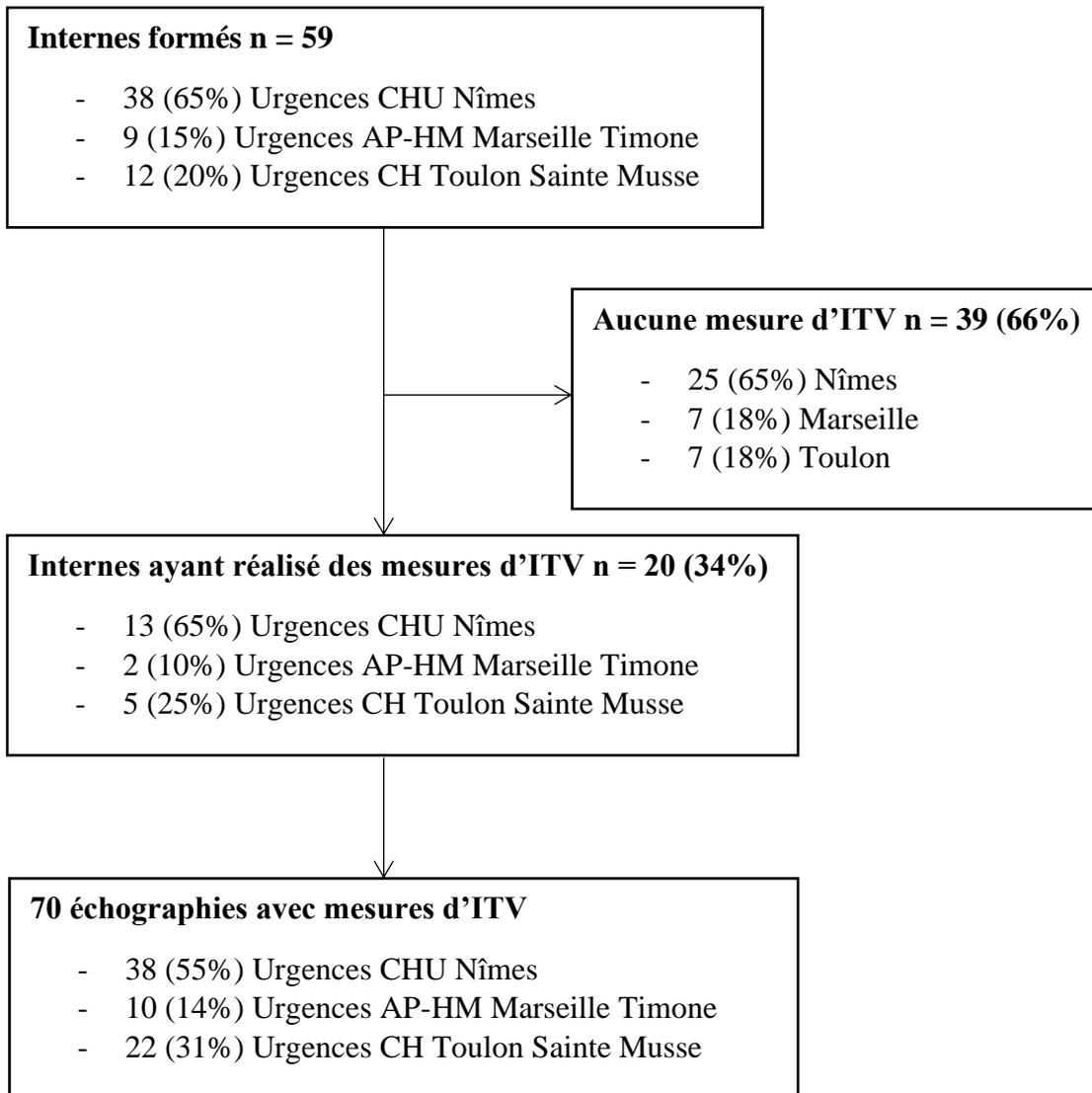


Figure 1 : Diagramme de flux

La description complète de la population de patients, internes et médecins est détaillée dans le Tableau 1.

Caractéristiques	Moyenne (%) Médiane [Q1 ; Q3]	Données manquantes (%)
Patients		
Démographiques		
Âge	67 [50 ; 81]	1 (0,4)
Sexe féminin	37 (53)	
IMC	25 [22 ; 28]	8 (11)
Médicales		
IMC ≤ 25	30 (48)	
IMC > 25	32 (52)	
PAS (mmHg)	128 [114 ; 141]	3 (4,3)
PAD (mmHg)	73 [65 ; 86]	4 (5,7)
FC (bpm)	81 [72 ; 90]	2 (2,9)
SpO2 (%)	97 [96 ; 99]	1 (1,4)
Glasgow score	15 [15 ; 15]	5 (7,1)
Antécédents		
Insuffisance cardiaque	5 (7.1)	
Cardiopathie ischémique	10 (14)	
Hypertension artérielle	35 (50)	
BPCO	7 (10)	
Antécédent non connu	28 (40)	
Indication de l'ETT		3 (4,3)
Hypotension	6 (9)	
Détresse respiratoire	26 (39)	
Douleur thoracique	37 (55)	
Sepsis	5 (7.5)	
Interne		
Âge	25 [25 ; 26]	
Sexe féminin	11 (55)	
Année d'internat		
1	15 (75)	
2	5 (25)	
Nombre d'échographies	4 [2 ; 5]	
Médecin		
Âge	33 [31 ; 40]	
Sexe féminin	11 (52)	
Expérience (années)	6 [4 ; 10]	

Tableau 1 : Caractéristiques de la population de patients, internes et médecins

Q1 : premier quartile, Q3 : troisième quartile, IMC : indice de masse corporelle, PAS : pression artérielle systolique, PAD : pression artérielle diastolique, FC : fréquence cardiaque, SpO2 : saturation pulsée en oxygène, BPCO : broncho-pneumopathie chronique obstructive

3.2. Objectif principal

Le coefficient de concordance (r) entre ITV_{man_exp} et ITV_{man_int} était de 0,56 IC95% [0,37 ; 0,70], avec un biais de $0,03 \pm 1,12$ cm (Figure 2, Tableau 2). Le coefficient de concordance (r) entre ITV_{auto_exp} et ITV_{auto_int} était de 0,69 IC95% [0,54 ; 0,79], avec un biais de $0,04 \pm 0,81$ cm (Figure 2, Tableau 2).

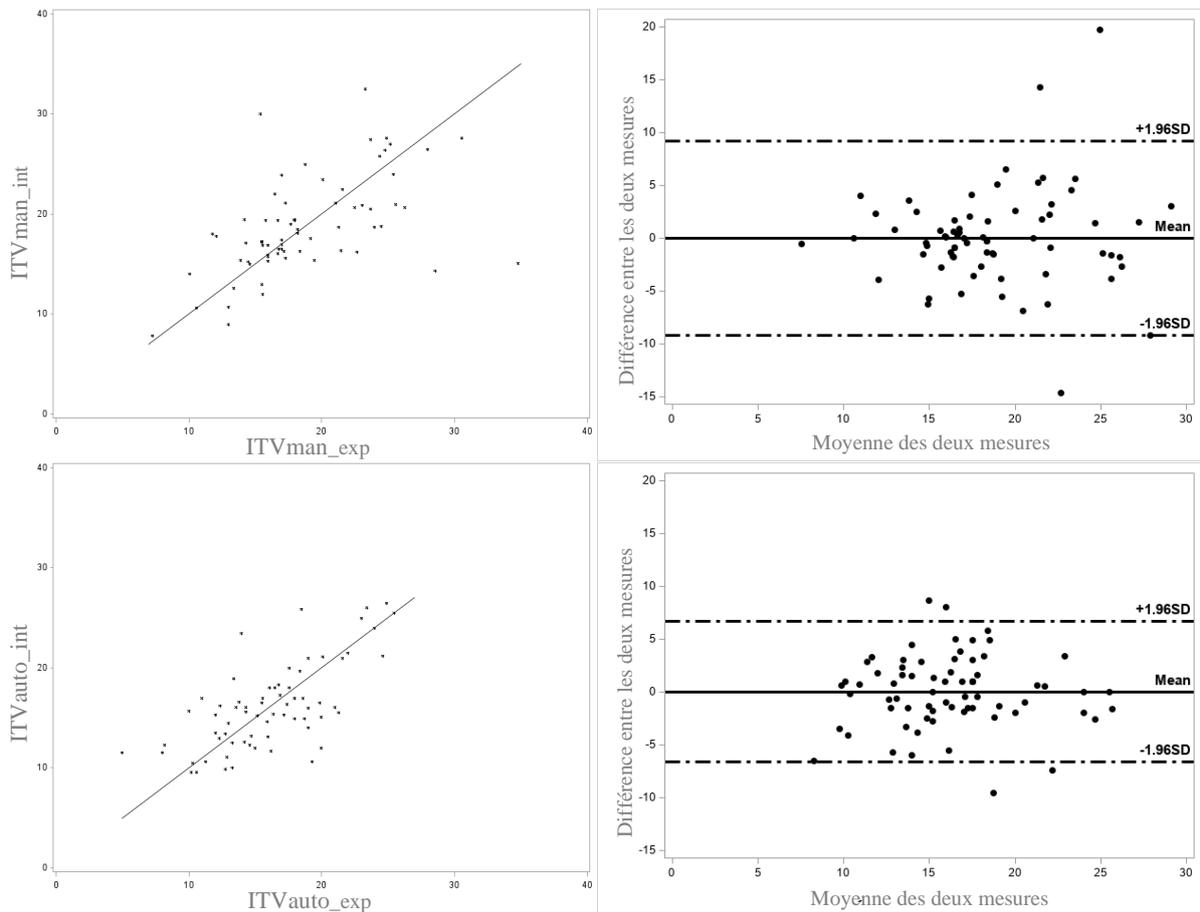


Figure 2 : Corrélation entre ITV_{exp} et ITV_{int} : mesures manuelles puis automatiques représentées par nuage de point, et corrélation selon test de Bland & Altman

3.3. Objectifs secondaires

Les coefficients de concordance (r) et biais entre ITV_{man_exp} et ITV_{auto_int} , entre ITV_{man_exp} et ITV_{auto_exp} , et entre ITV_{man_int} et ITV_{auto_int} sont représentés dans le Tableau 2 et sur la Figure 3.

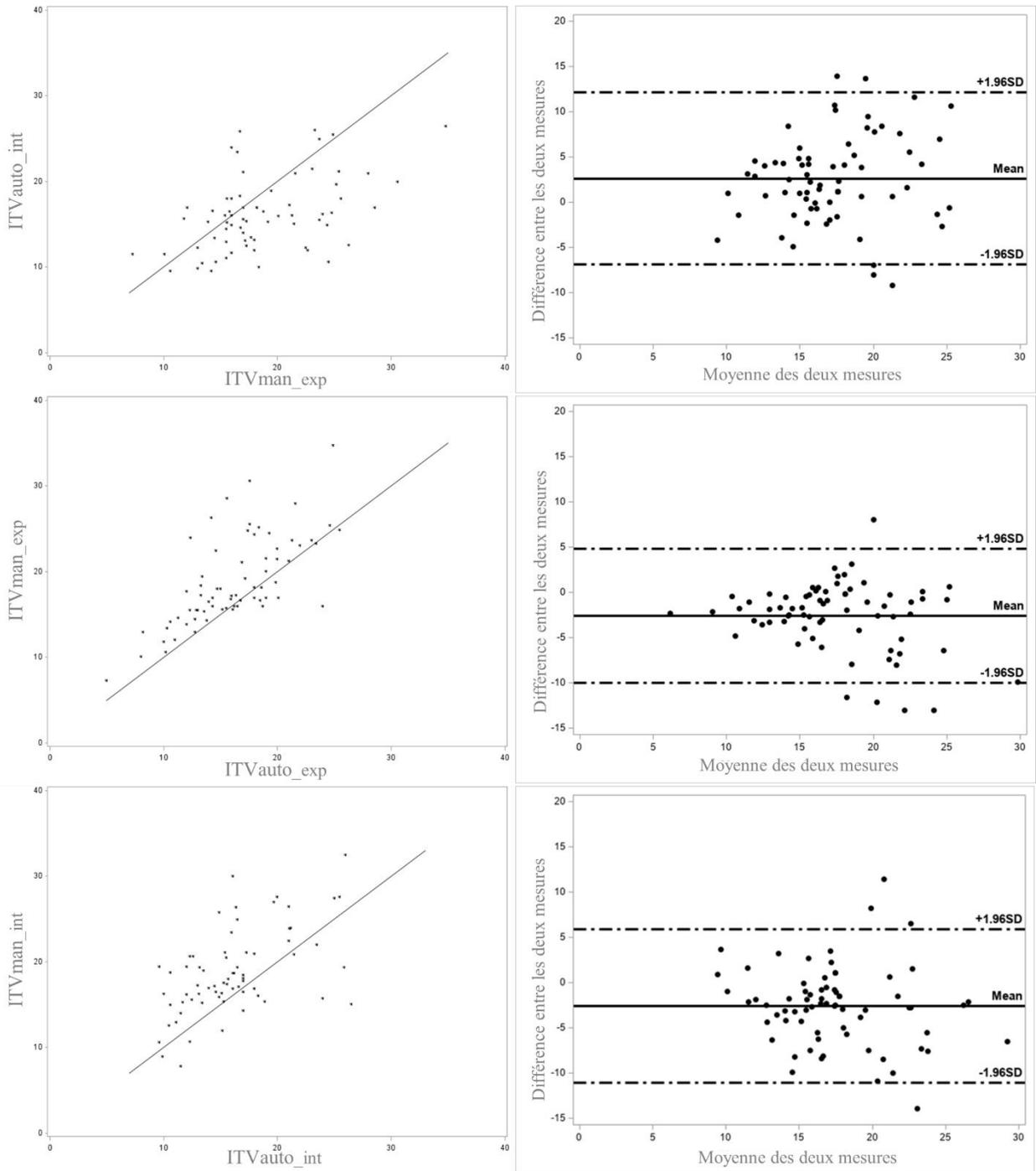


Figure 3 : Corrélation entre ITV_{man_exp} et ITV_{auto_int}, entre ITV_{exp} manuelle et automatique, entre ITV_{int} manuelle et automatique : représentation par nuage de point et corrélation selon test de Bland & Altman.

	Coefficient de concordance [IC95%]	Biais [IC95%]	Limites de concordance [Inf ; Sup]
ITV _{man_exp} vs ITV _{man_int}	0,56 [0,37 ; 0,70]	0,03 [-1,09 ; 1,14]	[- 9,16 ; 9,20]
ITV _{auto_exp} vs ITV _{auto_int}	0,69 [0,54 ; 0,79]	0,04 [-0,77 ; 0,84]	[- 6,60 ; 6,67]
ITV _{man_exp} vs ITV _{auto_int}	0,41 [0,22 ; 0,56]	2,61 [1,45 ; 3,77]	[- 6,90 ; 12,12]
ITV _{man_exp} vs ITV _{auto_exp}	0,59 [0,44 ; 0,71]	- 2,57 [-3,47 ; -1,67]	[- 9,98 ; 4,83]
ITV _{man_int} vs ITV _{auto_int}	0,47 [0,30 ; 0,62]	- 2,59 [-3,62 ; -1,55]	[- 11,09 ; 5,92]

Tableau 2 : Analyse de concordance entre ITV manuelles et automatiques mesurées par l'interne et le médecin expérimenté

4. DISCUSSION

Dans notre étude la concordance entre les premières mesures d'ITV réalisées par un étudiant, après une formation courte, et par un expert semble meilleure avec une méthode de mesure automatique qu'avec une méthode de mesure manuelle (0,69 IC95% [0,54 ; 0,79] vs 0,56 IC95% [0,37 ; 0,70]). Comme nous avons voulu étudier la concordance dès le début de l'apprentissage, nous pouvons expliquer le fait que ces concordances ne soient pas bonnes par le fait que les étudiants n'ont bénéficié que d'une formation courte et que seules leurs cinq premières mesures ont été incluses. En comparaison, il existe peu de littérature quantifiant la concordance inter-observateur pour les mesures d'ITV. Il a déjà été montré qu'il existe une bonne reproductibilité des mesures : Porter & al. décrivait un coefficient de variation inter observateur de 6% (23), contre seulement 4,8% pour Bergenzaun & al. (6), chez des praticiens expérimentés. En revanche la corrélation rapportée par Villavicencio & al. (20) entre les mesures de 3 observateurs différents (internes ayant reçu une formation courte) était proche de notre résultat avec un coefficient de corrélation interclasse de 0,6 IC95% [0,31 ; 0,82], considéré comme bon sur l'échelle de Fleiss malgré une borne basse de l'IC95% relativement faible. Dans ces conditions une concordance de 0,69 avec une borne basse de l'IC95% à 0,54 (médiocre selon l'échelle de Lin) ne semble pas un résultat discordant.

Avec le développement de l'ECMU, l'utilisation de l'ETT par les urgentistes est validée dans la prise en charge des patients depuis les années 2000 (24–26). Les recommandations de la SFMU préconisent un apprentissage progressif des différentes coupes et mesures, l'estimation du DC par l'ITV faisant partie du niveau 2 (11,12). Une étude de Vignon & al. en 2011 proposait en moyenne 12h de cours théoriques et pratiques et 33 ETT pour acquérir des compétences similaires à un praticien expérimenté en échographie (27). La formation reçue par les internes dans notre étude peut donc être considérée comme courte. Le développement de nouveaux outils pourrait permettre de réduire ce temps moyen de formation et d'améliorer la courbe d'apprentissage des internes. Des outils de mesure standardisés pourraient également diminuer la variation intra et inter-individuelle des mesures. Pour cela, l'intelligence artificielle est de plus en plus utilisée dans le domaine de

l'échographie (28–30). L'algorithme utilisé ici pour l'ITV_{auto} a pour objectif d'optimiser l'acquisition et la mesure de l'ITV, et comme dit précédemment, il semble permettre aux internes de réaliser des mesures plus proches de celles des experts que manuellement. On peut supposer que cela permettrait également à des médecins pratiquant peu de réaliser des mesures correctes, ne serait-ce qu'en apportant une aide à la mesure. Cela pourrait également être une aide à l'apprentissage manuel, dans le cas où l'outil automatique n'est pas disponible dans la pratique ultérieure du praticien, en montrant où placer la boîte de doppler pulsé une fois la coupe 5 cavité acquise. De plus, si l'algorithme automatique réalise lui-même le tracé de l'ITV, le praticien doit néanmoins enregistrer lui-même le tracé qu'il juge le meilleur, l'entraînant à rechercher les critères de qualité d'une bonne courbe d'ITV. Par ailleurs, nous n'avons pas relevé le nombre d'échographies totales réalisées par les internes formés (avec et sans mesures d'ITV réalisées ou réalisables). Nous ne savons donc pas s'ils arrivaient à mesurer l'ITV_{auto} et l'ITV_{man} pour chaque échographie cardiaque réalisée. Il serait intéressant de savoir quels étaient les critères d'échec de mesure. Dans le cas d'une mauvaise échogénicité, l'évaluation de l'outil automatique sur la diminution du nombre d'échecs de mesure, pour l'interne comme pour le médecin expérimenté, serait intéressante.

Les mesures ont toutes été réalisées sur des patients admis aux urgences et en ventilation spontanée. La reproductibilité intra et inter-individuelle de l'ITV manuelle est bonne si l'ETT est réalisée par un médecin expérimenté (6). Si certaines études ont montré une corrélation proche de 0,95 entre ITV manuelle et un QC mesuré par thermodilution (5,9), d'autres remettent en cause cette estimation (7,8). Il existe en effet des biais liés aux difficultés de mesure, notamment en situation d'urgence vitale : mauvais alignement du doppler avec le flux aortique, faible nombre d'ITV moyennées, variations respiratoires du VES (31,32), difficulté à maintenir une fenêtre d'échographie avec visualisation correcte de la chambre de chasse selon les mouvements respiratoires... Dans notre étude, 39% de ces patients consultaient pour détresse respiratoire

(tableau 1). En pratique pour gagner du temps, et en dehors des recommandations, les praticiens se basent souvent sur une ou deux mesures manuelles d'ITV pour évaluer le DC des patients. Le positionnement de l'outil automatique dans la chambre de chasse permettrait de corriger une partie de ces biais, notamment en optimisant l'emplacement d'enregistrement du doppler pulsé et en moyennant plusieurs ITV sur 4 secondes (ici entre 4 et 9 ITV enregistrées selon la fréquence cardiaque des patients). Dans notre étude nous retrouvons une mauvaise concordance entre les mesures d'ITV manuelle et automatique réalisées par un même expert, avec un biais et un écart important entre les mesures (0,59 IC95% [0,44 ; 0,71], biais -2,57, écart [-9,98 ; 4,83]). Nous retrouvons une différence encore plus grande chez les internes en cours d'apprentissage (0,47 IC95% [0,30 ; 0,62], biais -2,13, écart [-11,09 ; 5,92]). Avec une telle différence, il semblerait que les deux outils n'estiment pas le même flux. N'ayant pas utilisé de gold standard pour les mesures, nous ne pouvons pas dire laquelle des deux mesures reflète le mieux le DC réel. Néanmoins dans une première étude sur modèle animal, il a été montré une meilleure corrélation entre QC mesuré par ITV_{auto} et par thermodilution (10). Il est probable que les mesures automatiques chez l'humain soient mieux corrélées au DC que les mesures manuelles.

L'échographie en médecine d'urgence est de plus en plus utilisée comme un outil de monitoring hémodynamique et plus uniquement comme une aide diagnostique, grâce à l'observation de certains paramètres avant et après thérapeutique. (33) Dans notre étude il n'a pas été précisé si des thérapeutiques influençant l'hémodynamique (comme un remplissage vasculaire ou l'utilisation d'amines vasopressives) avaient été réalisés sur les patients au moment de l'échographie. Bien que la concordance entre la mesure de l'interne et du médecin (qu'elle soit manuelle ou automatique) soit mauvaise, et même si la mesure automatique ne correspond pas à la mesure manuelle comme évoqué plus haut, il est possible que les variations de l' ITV_{auto} selon la prise en charge thérapeutique soient comparables entre les mesures réalisées par l'interne et par l'expert. L'outil automatique pourrait permettre de suivre l'impact thérapeutique de la même manière que la mesure manuelle habituellement utilisée et être utilisé comme un outil de monitoring hémodynamique.

Il s'agit d'une étude préliminaire posant de nouvelles questions quant à l'utilisation de l'outil dans la formation des étudiants. Il serait intéressant d'étudier les différentes courbes d'apprentissages lors d'une formation de durée classique, chez des internes utilisant l'outil automatique comparé à la méthode manuelle. Avec nos résultats nous pourrions espérer diminuer le nombre d'échographies nécessaires pour réaliser une ITV reflétant correctement le DC. Il faudrait néanmoins pouvoir comparer ces mesures à un gold standard, impliquant une validation de l'outil sur des patients en réanimation avec mesure du DC par thermodilution. Comme évoqué précédemment il serait également intéressant d'évaluer si l'outil automatique permet d'améliorer l'acquisition d'une ITV dans les cas de mauvaise échogénicité. Par ailleurs, nous n'avons pas inclus les patients en arythmie par mesure de précaution, l'outil n'ayant été testé que chez des sujets en rythme sinusal. Une étude suggère qu'il faut en moyenne 13 battements cardiaques pour estimer correctement le DC chez des patients en fibrillation atriale (18). Dans l'étude sur modèle animal, entre 6 et 10 mesures étaient enregistrées sur 4 secondes (10). Pour inclure ces patients on pourrait donc supposer qu'il faudrait augmenter le temps d'acquisition.

Notre étude présente certaines limites. Premièrement nous n'avons inclus les mesures que d'un petit nombre d'internes par rapport à ceux formés sur les trois sites. Néanmoins notre objectif était de comparer des mesures d'internes inexpérimentés à ceux d'experts, et nous avons atteint le nombre de paires de mesures nécessaires. Le fait que la majorité d'entre eux n'ait pas réalisé les 5 échographies attendues nous a permis de réellement étudier des mesures « naïves » d'entraînement. Également nous n'avons pas utilisé de gold standard pour comparer les mesures, et l'expérience des 21 experts pouvait être différente selon le centre d'inclusion et le nombre d'années de pratique d'échographie. L'appareil d'échographie était le même, mais il a pu y avoir un effet centre pour les mesures des experts de par leur différence d'expérience et de pratique quotidienne. Deuxièmement, si nous avons inclus une population représentative des urgences et

exclu les patients en arythmie, nous n'avons pas pris en compte l'ensemble des biais de mesure possibles, notamment les pathologies valvulaires, Kebed & al. décrivant une surestimation fréquente de l'ITV dans le cas des sténoses aortiques (34). Troisièmement, il s'agit, à notre connaissance, d'une première étude de cet outil automatique sur modèle humain. S'il a montré un intérêt pour l'évaluation du DC sur modèle animal, dans notre cas il s'agissait surtout de montrer son potentiel pour l'apprentissage de la mesure de l'ITV.

5. CONCLUSION

Notre étude semble montrer qu'avec un outil automatique, un interne en début d'apprentissage pourra réaliser des mesures d'ITV plus proches de celles d'un médecin expérimenté. Dans notre étude il n'y avait pas de méthode de référence par mesure invasive, et les mesures automatiques et manuelles avaient de mauvaises concordances. Si la méthode automatique a montré sa supériorité dans un modèle expérimental, sa validation chez l'homme semble nécessaire pour en recommander l'utilisation en particulier en enseignement.

BIBLIOGRAPHIE

1. Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, Beale R, Bakker J, Hofer C, et al. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med.* déc 2014;40(12):1795-815.
2. Cecconi M, Hernandez G, Dunser M, Antonelli M, Baker T, Bakker J, et al. Fluid administration for acute circulatory dysfunction using basic monitoring: narrative review and expert panel recommendations from an ESICM task force. *Intensive Care Med.* janv 2019;45(1):21-32.
3. Vincent J-L, De Backer D. Circulatory Shock. Finfer SR, Vincent J-L, éditeurs. *N Engl J Med.* 31 oct 2013;369(18):1726-34.
4. Vincent J-L, Rhodes A, Perel A, Martin GS, Della Rocca G, Vallet B, et al. Clinical review: Update on hemodynamic monitoring--a consensus of 16. *Crit Care Lond Engl.* 18 août 2011;15(4):229.
5. Mercado P, Maizel J, Beyls C, Titeca-Beauport D, Joris M, Kontar L, et al. Transthoracic echocardiography: an accurate and precise method for estimating cardiac output in the critically ill patient. *Crit Care Lond Engl.* 9 juin 2017;21(1):136.
6. Bergenzaun L, Gudmundsson P, Öhlin H, Düring J, Ersson A, Ihrman L, et al. Assessing left ventricular systolic function in shock: evaluation of echocardiographic parameters in intensive care. *Crit Care.* 2011;15(4):R200.
7. Blancas R, Martínez-González Ó, Ballesteros D, Núñez A, Luján J, Rodríguez-Serrano D, et al. Lack of correlation between left ventricular outflow tract velocity time integral and stroke volume index in mechanically ventilated patients. *Med Intensiva.* 1 mars 2019;43(2):73-8.
8. Maeder MT, Karapanagiotidis S, Dewar EM, Kaye DM. Accuracy of echocardiographic cardiac index assessment in subjects with preserved left ventricular ejection fraction. *Echocardiogr- J Cardiovasc Ultrasound Allied Tech.* nov 2015;32(11):1628-38.
9. Temporelli PL, Scapellato F, Eleuteri E, Imparato A, Giannuzzi P. Doppler echocardiography in advanced systolic heart failure: a noninvasive alternative to Swan-Ganz catheter. *Circ Heart Fail.* mai 2010;3(3):387-94.
10. Bobbia X, Muller L, Claret P-G, Vigouroux L, Perez-Martin A, de La Coussaye JE, et al. A New Echocardiographic Tool for Cardiac Output Evaluation: An Experimental Study. *Shock.* oct 2019;52(4):449-55.
11. Martinez M, Duchenne J, Bobbia X, Brunet S, Fournier P, Miroux P, et al. Deuxième niveau de compétence pour l'échographie clinique en médecine d'urgence. Recommandations de la Société française de médecine d'urgence par consensus formalisé. *Ann Fr Médecine D'urgence.* juin 2018;8(3):193-202.
12. Duchenne J, Martinez M, Rothmann C, Claret P-G, Desclefs J-P, Vaux J, et al. Premier niveau de compétence pour l'échographie clinique en médecine d'urgence. Recommandations de la Société française de médecine d'urgence par consensus formalisé. *Ann Fr Médecine Urgence.* juill 2016;6(4):284-95.

13. Ultrasound Guidelines: Emergency, Point-of-Care and Clinical Ultrasound Guidelines in Medicine. *Ann Emerg Med.* mai 2017;69(5):e27-54.
14. Zieleskiewicz L, Lopez A, Hraiech S, Baumstarck K, Pastene B, Di Bisceglie M, et al. Bedside POCUS during ward emergencies is associated with improved diagnosis and outcome: an observational, prospective, controlled study. *Crit Care Lond Engl.* 22 janv 2021;25(1):34.
15. Wetterslev M, Haase N, Johansen RR, Perner A. Predicting fluid responsiveness with transthoracic echocardiography is not yet evidence based. *Acta Anaesthesiol Scand.* juill 2013;57(6):692-7.
16. National Heart, Lung, and Blood Institute Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) Clinical Trials Network, Wiedemann HP, Wheeler AP, Bernard GR, Thompson BT, Hayden D, et al. Comparison of two fluid-management strategies in acute lung injury. *N Engl J Med.* 15 juin 2006;354(24):2564-75.
17. Toulouse E, Lafont B, Granier S, Mcgurk G, Bazin J-E. French legal approach to patient consent in clinical research. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 1 déc 2020;39(6):883-5.
18. Dubrey SW, Falk RH. Optimal number of beats for the Doppler measurement of cardiac output in atrial fibrillation. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr.* févr 1997;10(1):67-71.
19. Quiñones MA, Otto CM, Stoddard M, Waggoner A, Zoghbi WA, Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. Recommendations for quantification of Doppler echocardiography: a report from the Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr.* févr 2002;15(2):167-84.
20. Villavicencio C, Leache J, Marin J, Oliva I, Rodriguez A, Bodí M, et al. Basic critical care echocardiography training of intensivists allows reproducible and reliable measurements of cardiac output. *Ultrasound J.* 16 avr 2019;11(1):5.
21. Desquilbet L. Guide pratique de validation statistique de méthodes de mesure : répétabilité, reproductibilité, et concordance [Internet]. 2012 [cité 18 févr 2022]. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02103716>
22. Bland JM, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet.* 8 févr 1986;327(8476):307-10.
23. Porter TR, Shillcutt SK, Adams MS, Desjardins G, Glas KE, Olson JJ, et al. Guidelines for the Use of Echocardiography as a Monitor for Therapeutic Intervention in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 1 janv 2015;28(1):40-56.
24. Moore CL, Rose GA, Tayal VS, Sullivan DM, Arrowood JA, Kline JA. Determination of left ventricular function by emergency physician echocardiography of hypotensive patients. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med.* mars 2002;9(3):186-93.

25. Randazzo MR, Snoey ER, Levitt MA, Binder K. Accuracy of emergency physician assessment of left ventricular ejection fraction and central venous pressure using echocardiography. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med.* sept 2003;10(9):973-7.
26. Mandavia DP, Hoffner RJ, Mahaney K, Henderson SO. Bedside echocardiography by emergency physicians. *Ann Emerg Med.* 1 oct 2001;38(4):377-82.
27. Vignon P, Mücke F, Bellec F, Marin B, Croce J, Brouqui T, et al. Basic critical care echocardiography: Validation of a curriculum dedicated to noncardiologist residents. *Crit Care Med.* avr 2011;39(4):636-42.
28. Gandhi S, Mosleh W, Shen J, Chow C-M. Automation, machine learning, and artificial intelligence in echocardiography: A brave new world. *Echocardiogr Mt Kisco N.* sept 2018;35(9):1402-18.
29. Schneider M, Bartko P, Geller W, Dannenberg V, König A, Binder C, et al. A machine learning algorithm supports ultrasound-naïve novices in the acquisition of diagnostic echocardiography loops and provides accurate estimation of LVEF. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2021;37(2):577-86.
30. Kim YH. Artificial intelligence in medical ultrasonography: driving on an unpaved road. *Ultrasonography.* juill 2021;40(3):313-7.
31. Soubrier S, Saulnier F, Hubert H, Delour P, Lenci H, Onimus T, et al. Can dynamic indicators help the prediction of fluid responsiveness in spontaneously breathing critically ill patients? *Intensive Care Med.* juill 2007;33(7):1117-24.
32. Lamia B, Ochagavia A, Monnet X, Chemla D, Richard C, Teboul J-L. Echocardiographic prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneously breathing activity. *Intensive Care Med.* juill 2007;33(7):1125-32.
33. Barjaktarevic I, Kenny J-ÉS, Berlin D, Cannesson M. The Evolution of Ultrasound in Critical Care. *J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med.* févr 2021;40(2):401-5.
34. Kebed K, Sun D, Addetia K, Mor-Avi V, Markuzon N, Lang RM. Measurement errors in serial echocardiographic assessments of aortic valve stenosis severity. *Int J Cardiovasc Imaging.* mars 2020;36(3):471-9.

ANNEXE - Fiche de recueil de données

Etude auto-ITV Apprentissage de la mesure de l'ITV sous aortique

<u>Critères d'inclusion</u>	<u>Critères d'exclusion</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Patient pris en charge par un étudiant et un médecin expert - Indication de mesure d'ITV posée par le médecin expert - Age > 18 ans - Patient en <i>rythme sinusal uniquement</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Refus de poursuivre la recherche. - Patient en arythmie - Femme enceinte

INFORMATIONS RELATIVES AU PATIENT N°...../5			
Age :	Sexe : F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	Taille (cm) :	Poids (kg) :
Antécédents :			
<input type="checkbox"/> Insuffisance cardiaque	<input type="checkbox"/> Cardiopathie ischémique	<input type="checkbox"/> HTA	<input type="checkbox"/> BPCO
<input type="checkbox"/> Aucun	<input type="checkbox"/> Ne sait pas		
Indication de l'ETT :			
<input type="checkbox"/> Hypotension <input type="checkbox"/> Détresse respiratoire <input type="checkbox"/> Douleur thoracique <input type="checkbox"/> Sepsis			
TA s/d (mmHg) :	FC (bpm) :	SpO2 (%) :	Glasgow : /15

INFORMATIONS SUR L'ETUDIANT		
Age :	Sexe : F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	
Années d'étude :		
DONNEES ECHOCARDIOGRAPHIQUES DE L'ETUDIANT		
• Mesures principales		
ITV _{auto} (cm) :	ITV _{manuelle max} (cm) :	Moyenne de 3 ITV _{man} (cm) :
• Mesures annexes		
Onde E (cm/s) :		
Onde A (cm/s) :		
Rapport E/A :		
TDE (décélération onde E) (ms) :		

MEDECIN EXPERT		
Age :	Sexe : F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	
Expérience en ETT (années) :		
ECHO PAR LE MEDECIN EXPERT		
• Mesures principales		
ITV _{auto} (cm) :	ITV _{manuelle max} (cm) :	Moyenne de 3 ITV _{man} (cm) :
• Mesures annexes		
Onde E (cm/s) :		
Onde A (cm/s) :		
Rapport E/A :		
TDE (décélération onde E) (ms) :		

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque.

RESUME

Introduction : L'évaluation du débit cardiaque (DC) dans la prise en charge des patients en choc est nécessaire aux urgences. L'intégrale temps vitesse sous aortique (ITV) est une bonne estimation du DC, mais son acquisition demande un certain niveau de maîtrise de l'échocardiographie transthoracique (ETT). Un nouvel outil permettant une mesure automatique de l'ITV (ITV_{auto}) a montré une bonne corrélation avec le DC mesuré par thermodilution chez un modèle animal. Notre hypothèse était que l' ITV_{auto} permettrait à des étudiants débutants d'obtenir des mesures plus proches de celles réalisées par leur médecin référent que la méthode manuelle. L'objectif principal de notre étude était de comparer la concordance entre une mesure d'ITV réalisée par un expert et celle réalisée par un étudiant en début d'apprentissage avec une mesure manuelle (ITV_{man}) ou avec l' ITV_{auto} .

Matériel et méthode : Etude multicentrique prospective : formation courte chez des internes n'ayant jamais réalisé d'ETT, avec vidéo standardisée de 10 min et entraînement sur sujet sain. Enregistrement de leurs 5 premières mesures d' ITV_{auto} et ITV_{man} sur patients, encadrés par des experts réalisant les mêmes mesures.

Résultats : 70 paires de mesures ont été réalisées par vingt internes différents. Le coefficient de concordance (r) entre ITV_{man_exp} et ITV_{man_int} , et entre ITV_{auto_exp} et ITV_{auto_int} étaient respectivement de 0,56 IC95% [0,37 ; 0,70], avec un biais de 0,03 + 1,12 cm, et 0,69 IC95% [0,54 ; 0,79], avec un biais de 0,04 + 0,81 cm.

Conclusion : Notre étude semble montrer qu'avec un outil automatique, un interne en début d'apprentissage pourra réaliser des mesures d'ITV plus proches de celles d'un médecin expérimenté.

Mots-clés : Echocardiographie, débit cardiaque, ITV, enseignement, intelligence artificielle