

**UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER**  
**FACULTÉS DE MÉDECINE**

---

ANNÉE 2017

2017 TOU3 1592

**THÈSE**

**POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE**  
**MÉDECINE SPÉCIALISÉE CLINIQUE**

Présentée et soutenue publiquement

par

**Jeremy CASTANERA**

le 05 Octobre 2017

**Comparaison de la mesure du débit cardiaque par les  
méthodes de thermodilution transpulmonaire et  
échocardiographie transthoracique chez les patients en  
état de choc et en fibrillation auriculaire**

Directeur de thèse : Dr Antoine ROUGET

**JURY**

Monsieur le Professeur Olivier FOURCADE

Président

Monsieur le Professeur Vincent MINVILLE

Assesseur

Monsieur le Professeur Thomas GEERAERTS

Assesseur

Monsieur le Docteur Jean Marie CONIL

Assesseur

Monsieur le Docteur Antoine ROUGET

Suppléant



**TABLEAU du PERSONNEL HU**  
**des Facultés de Médecine de l'Université Paul Sabatier**  
**au 1<sup>er</sup> septembre 2016**

**Professeurs Honoraires**

Doyen Honoraire	M. ROUGE Daniel	Professeur Honoraire	M. BAZEX Jacques
Doyen Honoraire	M. LAZORTHE Yves	Professeur Honoraire	M. VIRENQUE Christian
Doyen Honoraire	M. CHAP Hugues	Professeur Honoraire	M. CARLES Pierre
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur Honoraire	M. BONAFÉ Jean-Louis
Doyen Honoraire	M. PUEL Pierre	Professeur Honoraire	M. VAYSSE Philippe
Professeur Honoraire	M. ESCHAPASSE Henri	Professeur Honoraire	M. ESQUERRE J.P.
Professeur Honoraire	M. GEDEON André	Professeur Honoraire	M. GUITARD Jacques
Professeur Honoraire	M. PASQUIE M.	Professeur Honoraire	M. LAZORTHE Franck
Professeur Honoraire	M. RIBAUT Louis	Professeur Honoraire	M. ROQUE-LATRILLE Christian
Professeur Honoraire	M. ARLET Jacques	Professeur Honoraire	M. CERENE Alain
Professeur Honoraire	M. RIBET André	Professeur Honoraire	M. FOURNIAL Gérard
Professeur Honoraire	M. MONROZIES M.	Professeur Honoraire	M. HOFF Jean
Professeur Honoraire	M. DALOUS Antoine	Professeur Honoraire	M. REME Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. DUPRE M.	Professeur Honoraire	M. FAUVEL Jean-Marie
Professeur Honoraire	M. FABRE Jean	Professeur Honoraire	M. FREXINOS Jacques
Professeur Honoraire	M. DUCOS Jean	Professeur Honoraire	M. CARRIERE Jean-Paul
Professeur Honoraire	M. LACOMME Yves	Professeur Honoraire	M. MANSAT Michel
Professeur Honoraire	M. COTONAT Jean	Professeur Honoraire	M. BARRET André
Professeur Honoraire	M. DAVID Jean-Frédéric	Professeur Honoraire	M. ROLLAND
Professeur Honoraire	Mme DIDIER Jacqueline	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT Jean-Paul
Professeur Honoraire	Mme LARENG Marie-Blanche	Professeur Honoraire	M. CAHUZAC Jean-Philippe
Professeur Honoraire	M. BERNADET	Professeur Honoraire	M. DELSOL Georges
Professeur Honoraire	M. REGNIER Claude	Professeur Honoraire	M. ABBAL Michel
Professeur Honoraire	M. COMBELLES	Professeur Honoraire	M. DURAND Dominique
Professeur Honoraire	M. REGIS Henri	Professeur Honoraire	M. DALY-SCHWEITZER Nicolas
Professeur Honoraire	M. ARBUS Louis	Professeur Honoraire	M. RAILHAC
Professeur Honoraire	M. PUJOL Michel	Professeur Honoraire	M. POURRAT Jacques
Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI Pierre	Professeur Honoraire	M. QUERLEU Denis
Professeur Honoraire	M. RUMEAU Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. ARNE Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. BESOMBES Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. ESCOURROU Jean
Professeur Honoraire	M. SUC Jean-Michel	Professeur Honoraire	M. FOURTANIER Gilles
Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE Pierre	Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE Jacques
Professeur Honoraire	M. BOUNHOURE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. PESSEY Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. CARTON Michel	Professeur Honoraire	M. CHAVOIN Jean-Pierre
Professeur Honoraire	Mme PUEL Jacqueline	Professeur Honoraire	M. GERAUD Gilles
Professeur Honoraire	M. GOUZI Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. PLANTE Pierre
Professeur Honoraire associé	M. DUTAU Guy	Professeur Honoraire	M. MAGNAVAL Jean-François
Professeur Honoraire	M. PASCAL J.P.	Professeur Honoraire	M. MONROZIES Xavier
Professeur Honoraire	M. SALVADOR Michel	Professeur Honoraire	M. MOSCOVICI Jacques
Professeur Honoraire	M. BAYARD Francis	Professeur Honoraire	Mme GENESTAL Michèle
Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE Paul	Professeur Honoraire	M. CHAMONTIN Bernard
Professeur Honoraire	M. FABIÉ Michel	Professeur Honoraire	M. SALVAYRE Robert
Professeur Honoraire	M. BARTHE Philippe	Professeur Honoraire	M. FRAYSSE Bernard
Professeur Honoraire	M. CABARROT Etienne	Professeur Honoraire	M. BUGAT Roland
Professeur Honoraire	M. DUFFAUT Michel	Professeur Honoraire	M. PRADERE Bernard
Professeur Honoraire	M. ESCAT Jean		
Professeur Honoraire	M. ESCANDE Michel		
Professeur Honoraire	M. PRIS Jacques		
Professeur Honoraire	M. CATHALA Bernard		

**Professeurs Émérites**

Professeur ALBAREDE Jean-Louis	Professeur CHAMONTIN Bernard
Professeur CONTÉ Jean	Professeur SALVAYRE Bernard
Professeur MURAT	Professeur MAGNAVAL Jean-François
Professeur MANELFE Claude	Professeur ROQUES-LATRILLE Christian
Professeur LOUVET P.	Professeur MOSCOVICI Jacques
Professeur SARRAMON Jean-Pierre	Professeur Jacques LAGARRIGUE
Professeur CARATERO Claude	
Professeur GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	
Professeur COSTAGLIOLA Michel	
Professeur ADER Jean-Louis	
Professeur LAZORTHE Yves	
Professeur LARENG Louis	
Professeur JOFFRE Francis	
Professeur BONEU Bernard	
Professeur DABERNAT Henri	
Professeur BOCCALON Henri	
Professeur MAZIERES Bernard	
Professeur ARLET-SUAU Elisabeth	
Professeur SIMON Jacques	
Professeur FRAYSSE Bernard	
Professeur ARBUS Louis	

## FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-PURPAN

37 allées Jules Guesde - 31062 TOULOUSE Cedex

Doyen : D. CARRIE

P.U. - P.H. Classe Exceptionnelle et 1ère classe		P.U. - P.H. 2ème classe	
M. ADOUE Daniel (C.E)	Médecine Interne, Gériatrie	Mme BEYNE-RAUZY Odile	Médecine Interne
M. AMAR Jacques	Thérapeutique	M. BROUCHET Laurent	Chirurgie thoracique et cardio-vascul
M. ATTAL Michel (C.E)	Hématologie	M. BUREAU Christophe	Hépto-Gastro-Entéro
M. AVET-LOISEAU Hervé	Hématologie, transfusion	M. CALVAS Patrick	Génétique
M. BIRMES Philippe	Psychiatrie	M. CARRERE Nicolas	Chirurgie Générale
M. BLANCHER Antoine	Immunologie (option Biologique)	Mme CASPER Charlotte	Pédiatrie
M. BONNEVILLE Paul	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie.	M. CHAIX Yves	Pédiatrie
M. BOSSAVY Jean-Pierre	Chirurgie Vasculaire	Mme CHARPENTIER Sandrine	Thérapeutique, méd. d'urgence, addict
M. BRASSAT David	Neurologie	M. COGNARD Christophe	Neuroradiologie
M. BROUSSET Pierre (C.E)	Anatomie pathologique	M. DE BOISSEZON Xavier	Médecine Physique et Réadapt Fonct.
M. CARRIE Didier (C.E)	Cardiologie	M. FOURNIE Bernard	Rhumatologie
M. CHAP Hugues (C.E)	Biochimie	M. FOURNIÉ Pierre	Ophthalmologie
M. CHAUVEAU Dominique	Néphrologie	M. GAME Xavier	Urologie
M. CHOLLET François (C.E)	Neurologie	M. GEERAERTS Thomas	Anesthésiologie et réanimation
M. CLANET Michel (C.E)	Neurologie	M. LAROCHE Michel	Rhumatologie
M. DAHAN Marcel (C.E)	Chirurgie Thoracique et Cardiaque	M. LAUWERS Frédéric	Anatomie
M. DEGUINE Olivier	Oto-rhino-laryngologie	M. LEOBON Bertrand	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. DUCOMMUN Bernard	Cancérologie	M. LOPEZ Raphael	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
M. FERRIERES Jean	Epidémiologie, Santé Publique	M. MARX Mathieu	Oto-rhino-laryngologie
M. FOURCADE Olivier	Anesthésiologie	M. MAS Emmanuel	Pédiatrie
M. IZOPET Jacques (C.E)	Bactériologie-Virologie	M. OLIVOT Jean-Marc	Neurologie
Mme LAMANT Laurence	Anatomie Pathologique	M. PARANT Olivier	Gynécologie Obstétrique
M. LANG Thierry (C.E)	Biostatistiques et Informatique Médicale	M. PATHAK Atul	Pharmacologie
M. LANGIN Dominique	Nutrition	M. PAYRASTRE Bernard	Hématologie
M. LAUQUE Dominique (C.E)	Médecine Interne	M. PERON Jean-Marie	Hépto-Gastro-Entérologie
M. LIBLAU Roland (C.E)	Immunologie	M. PORTIER Guillaume	Chirurgie Digestive
M. MALAVAUD Bernard	Urologie	M. RONCALLI Jérôme	Cardiologie
M. MANSAT Pierre	Chirurgie Orthopédique	Mme SAVAGNER Frédérique	Biochimie et biologie moléculaire
M. MARCHOU Bruno	Maladies Infectieuses	Mme SELVES Janick	Anatomie et cytologie pathologiques
M. MAZIERES Julien	Pneumologie	M. SOL Jean-Christophe	Neurochirurgie
M. MOLINIER Laurent	Epidémiologie, Santé Publique		
M. MONTASTRUC Jean-Louis (C.E)	Pharmacologie		
Mme MOYAL Elisabeth	Cancérologie		
Mme NOURHASHEMI Fatemeh (C.E)	Gériatrie		
M. OLIVES Jean-Pierre (C.E)	Pédiatrie		
M. OSWALD Eric	Bactériologie-Virologie		
M. PARIENTE Jérémie	Neurologie		
M. PARINAUD Jean	Biol. Du Dévelop. et de la Reprod.		
M. PAUL Carle	Dermatologie		
M. PAYOUX Pierre	Biophysique		
M. PERRET Bertrand (C.E)	Biochimie		
M. RASCOL Olivier	Pharmacologie		
M. RECHER Christian	Hématologie		
M. RISCHMANN Pascal (C.E)	Urologie		
M. RIVIERE Daniel (C.E)	Physiologie		
M. SALES DE GAUZY Jérôme	Chirurgie Infantile		
M. SALLES Jean-Pierre	Pédiatrie		
M. SANS Nicolas	Radiologie		
M. SERRE Guy (C.E)	Biologie Cellulaire		
M. TELMON Norbert	Médecine Légale		
M. VINEL Jean-Pierre (C.E)	Hépto-Gastro-Entérologie		
<b>P.U. Médecine générale</b>		<b>P.U. Médecine générale</b>	
M. OUSTRIC Stéphane	Médecine Générale	M. MESTHÉ Pierre	Médecine Générale
		<b>P.A Médecine générale</b>	
		POUTRAIN Jean-Christophe	Médecine Générale

## FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-RANGUEIL

133, route de Narbonne - 31062 TOULOUSE Cedex

Doyen : E. SERRANO

### P.U. - P.H.

Classe Exceptionnelle et 1ère classe

### P.U. - P.H.

2ème classe

M. ACAR Philippe	Pédiatrie	M. ACCADBLE Franck	Chirurgie Infantile
M. ALRIC Laurent	Médecine Interne	M. ARBUS Christophe	Psychiatrie
Mme ANDRIEU Sandrine	Epidémiologie	M. BERRY Antoine	Parasitologie
M. ARLET Philippe (C.E)	Médecine Interne	M. BONNEVILLE Fabrice	Radiologie
M. ARNAL Jean-François	Physiologie	M. BOUNES Vincent	Médecine d'urgence
Mme BERRY Isabelle (C.E)	Biophysique	Mme BOURNET Barbara	Gastro-entérologie
M. BOUTAULT Franck (C.E)	Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie	M. CHAUFOUR Xavier	Chirurgie Vasculaire
M. BUJAN Louis (C. E)	Urologie-Andrologie	M. CHAYNES Patrick	Anatomie
Mme BURA-RIVIERE Alessandra	Médecine Vasculaire	M. DECRAMER Stéphane	Pédiatrie
M. BUSCAIL Louis	Hépat-Gastro-Entérologie	M. DELOBEL Pierre	Maladies Infectieuses
M. CANTAGREL Alain (C.E)	Rhumatologie	Mme DULY-BOUHANICK Béatrice	Thérapeutique
M. CARON Philippe (C.E)	Endocrinologie	M. FRANCHITTO Nicolas	Addictologie
M. CHIRON Philippe (C.E)	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie	M. GALINIER Philippe	Chirurgie Infantile
M. CONSTANTIN Anaud	Rhumatologie	M. GARRIDO-STÓWHAS Ignacio	Chirurgie Plastique
M. COURBON Frédéric	Biophysique	Mme GOMEZ-BROUCHET Anne-Muriel	Anatomie Pathologique
Mme COURTADE SAIDI Monique	Histologie Embryologie	M. HUYGHE Eric	Urologie
M. DAMBRIN Camille	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire	M. LAFFOSSE Jean-Michel	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
M. DELABESSE Eric	Hématologie	Mme LAPRIE Anne	Radiothérapie
Mme DELISLE Marie-Bernadette (C.E)	Anatomie Pathologie	M. LEGUEVAQUE Pierre	Chirurgie Générale et Gynécologique
M. DELORD Jean-Pierre	Cancérologie	M. MARCHEIX Bertrand	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
M. DIDIER Alain (C.E)	Pneumologie	M. MAURY Jean-Philippe	Cardiologie
M. ELBAZ Meyer	Cardiologie	Mme MAZEREEUW Juliette	Dermatologie
M. GALINIER Michel	Cardiologie	M. MEYER Nicolas	Dermatologie
M. GLOCK Yves (C.E)	Chirurgie Cardio-Vasculaire	M. MUSCARI Fabrice	Chirurgie Digestive
M. GOURDY Pierre	Endocrinologie	M. OTAL Philippe	Radiologie
M. GRAND Alain (C.E)	Epidémiologie, Eco. de la Santé et Prévention	M. ROUX Franck-Emmanuel	Neurochirurgie
M. GROLLEAU RAOUX Jean-Louis	Chirurgie plastique	Mme SOTO-MARTIN Maria-Eugénia	Gériatrie et biologie du vieillissement
Mme GUIMBAUD Rosine	Cancérologie	M. TACK Ivan	Physiologie
Mme HANAIRE Hélène (C.E)	Endocrinologie	M. VERGEZ Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
M. KAMAR Nassim	Néphrologie	M. YSEBAERT Loic	Hématologie
M. LARRUE Vincent	Neurologie		
M. LAURENT Guy (C.E)	Hématologie		
M. LEVADE Thierry (C.E)	Biochimie		
M. MALECAZE François (C.E)	Ophthalmologie		
M. MARQUE Philippe	Médecine Physique et Réadaptation		
Mme MARTY Nicole	Bactériologie Virologie Hygiène		
M. MASSIP Patrice (C.E)	Maladies Infectieuses		
M. MINVILLE Vincent	Anesthésiologie Réanimation		
M. RAYNAUD Jean-Philippe (C.E)	Psychiatrie Infantile		
M. RITZ Patrick	Nutrition		
M. ROCHE Henri (C.E)	Cancérologie		
M. ROLLAND Yves	Gériatrie		
M. ROUGE Daniel (C.E)	Médecine Légale		
M. ROUSSEAU Hervé (C.E)	Radiologie		
M. SAILLER Laurent	Médecine Interne		
M. SCHMITT Laurent (C.E)	Psychiatrie		
M. SENARD Jean-Michel	Pharmacologie		
M. SERRANO Elie (C.E)	Oto-rhino-laryngologie		
M. SOULAT Jean-Marc	Médecine du Travail		
M. SOULIE Michel (C.E)	Urologie		
M. SUC Bertrand	Chirurgie Digestive		
Mme TAUBER Marie-Thérèse (C.E)	Pédiatrie		
Mme URO-COSTE Emmanuelle	Anatomie Pathologique		
M. VAYSSIERE Christophe	Gynécologie Obstétrique		
M. VELLAS Bruno (C.E)	Gériatrie		

Professeur Associé de Médecine Générale  
Pr STILLMUNKES André

Professeur Associé en O.R.L.  
Pr WOISARD Virginie

**M.C.U. - P.H.**

M. APOIL Pol Andre	Immunologie
Mme ARNAUD Catherine	Epidémiologie
M. BIETH Eric	Génétique
Mme BONGARD Vanina	Epidémiologie
Mme CASPAR BAUGUIL Sylvie	Nutrition
Mme CASSAING Sophie	Parasitologie
M. CAVAINAC Etienne	Chirurgie orthopédique et traumatologie
Mme CONCINA Dominique	Anesthésie-Réanimation
M. CONGY Nicolas	Immunologie
Mme COURBON Christine	Pharmacologie
Mme DAMASE Christine	Pharmacologie
Mme de GLISEZENSKY Isabelle	Physiologie
Mme DE MAS Véronique	Hématologie
Mme DELMAS Catherine	Bactériologie Virologie Hygiène
M. DUBOIS Damien	Bactériologie Virologie Hygiène
M. DUPUI Philippe	Physiologie
M. FAGUER Stanislas	Néphrologie
Mme FILLAUX Judith	Parasitologie
M. GANTET Pierre	Biophysique
Mme GENNERO Isabelle	Biochimie
Mme GENOUX Annelise	Biochimie et biologie moléculaire
M. HAMDJ Safouane	Biochimie
Mme HITZEL Anne	Biophysique
M. IRIART Xavier	Parasitologie et mycologie
Mme JONCA Nathalie	Biologie cellulaire
M. KIRZIN Sylvain	Chirurgie générale
Mme LAPEYRE-MESTRE Maryse	Pharmacologie
M. LAURENT Camille	Anatomie Pathologique
M. LHERMUSIER Thibault	Cardiologie
Mme MONTASTIER Emilie	Nutrition
M. MONTOYA Richard	Physiologie
Mme MOREAU Marion	Physiologie
Mme NOGUEIRA M.L.	Biologie Cellulaire
M. PILLARD Fabien	Physiologie
Mme PUISSANT Bénédicte	Immunologie
Mme RAYMOND Stéphanie	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme SABOURDY Frédérique	Biochimie
Mme SAUNE Karine	Bactériologie Virologie
M. SILVA SIFONTES Stein	Réanimation
M. SOLER Vincent	Ophthalmologie
M. TAFANI Jean-André	Biophysique
M. TREINER Emmanuel	Immunologie
Mme TREMOLLIERS Florence	Biologie du développement
Mme VAYSSE Charlotte	Cancérologie

**M.C.U. Médecine générale**

M. BRILLAC Thierry

**M.C.U. - P.H.**

Mme ABRAVANEL Florence	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme BASSET Céline	Cytologie et histologie
M. CAMBUS Jean-Pierre	Hématologie
Mme CANTERO Anne-Valérie	Biochimie
Mme CARFAGNA Luana	Pédiatrie
Mme CASSOL Emmanuelle	Biophysique
Mme CAUSSE Elizabeth	Biochimie
M. CHAPUT Benoit	Chirurgie plastique et des brûlés
M. CHASSAING Nicolas	Génétique
Mme CLAVE Danielle	Bactériologie Virologie
M. CLAVEL Cyril	Biologie Cellulaire
Mme COLLIN Laetitia	Cytologie
Mme COLOMBAT Magali	Anatomie et cytologie pathologiques
M. CORRE Jill	Hématologie
M. DE BONNECAZE Guillaume	Anatomie
M. DEDOUIT Fabrice	Médecine Légale
M. DELPLA Pierre-André	Médecine Légale
M. DESPAS Fabien	Pharmacologie
M. EDOUARD Thomas	Pédiatrie
Mme ESQUIROL Yolande	Médecine du travail
Mme EVRARD Solène	Histologie, embryologie et cytologie
Mme GALINIER Anne	Nutrition
Mme GARDETTE Virginie	Epidémiologie
M. GASQ David	Physiologie
Mme GRARE Marion	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme GUILBEAU-FRUGIER Céline	Anatomie Pathologique
Mme GUYONNET Sophie	Nutrition
M. HERIN Fabrice	Médecine et santé au travail
Mme INGUENEAU Cécile	Biochimie
M. LAIREZ Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
M. LEANDRI Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
M. LEPAGE Benoit	Biostatistiques et Informatique médicale
Mme MAUPAS Françoise	Biochimie
M. MIEUSSET Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
Mme NASR Nathalie	Neurologie
Mme PERIQUET Brigitte	Nutrition
Mme PRADDAUDE Françoise	Physiologie
M. RIMAILHO Jacques	Anatomie et Chirurgie Générale
M. RONGIERES Michel	Anatomie - Chirurgie orthopédique
Mme SOMMET Agnès	Pharmacologie
Mme VALLET Marion	Physiologie
M. VERGEZ François	Hématologie
Mme VEZZOSI Delphine	Endocrinologie

**M.C.U. Médecine générale**

M. BISMUTH Michel	Médecine Générale
M. BISMUTH Serge	Médecine Générale
Mme ROUGE-BUGAT Marie-Eve	Médecine Générale
Mme ESCOURROU Brigitte	Médecine Générale

Maîtres de Conférences Associés de Médecine Générale

Dr ABITTEBOUL Yves  
Dr CHICOULAA Bruno  
Dr IRI-DELAHAYE Motoko  
Dr FREYENS Anne

Dr BOYER Pierre  
Dr ANE Serge  
Dr BIREBENT Jordan

## **Table des matières**

<b>RESUME .....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
<b>MATERIEL ET METHODE .....</b>	<b>11</b>
<b>Patients .....</b>	<b>11</b>
<b>Procédure .....</b>	<b>11</b>
<b>Objectif de l'étude .....</b>	<b>13</b>
<b>Analyse statistique .....</b>	<b>14</b>
<b>RESULTAT .....</b>	<b>16</b>
<b>Caractéristiques de l'effectif.....</b>	<b>16</b>
<b>Mesures du débit cardiaque .....</b>	<b>18</b>
<b>Evaluation de la réponse au remplissage vasculaire en fonction de la technique de mesure du débit cardiaque .....</b>	<b>19</b>
<b>DISCUSSION .....</b>	<b>24</b>
<b>Concordance des mesures de DC .....</b>	<b>24</b>
<b>Etude de la capacité de détection des variations de débit.....</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>30</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>31</b>
<b>ANNEXE.....</b>	<b>34</b>

## RESUME

**Introduction** : La mesure du débit cardiaque est un outil essentiel en réanimation. Si l'utilisation de l'échocardiographie transthoracique est clairement décrite chez les patients en fibrillation auriculaire, les études de validation de la thermodilution transpulmonaire ont largement exclu cette population. L'objectif de l'étude est de comparer les mesures du débit cardiaque et la capacité à suivre les variations de débit par la thermodilution transpulmonaire à l'échocardiographie transthoracique chez les patients ventilés de réanimation en fibrillation auriculaire.

**Méthode** : De manière prospective, 30 patients ventilés de réanimation en fibrillation auriculaire nécessitant un monitoring hémodynamique ont été inclus. Ils ont bénéficié de mesures simultanées du débit cardiaque par thermodilution transpulmonaire et échocardiographie transthoracique avant et après une expansion volémique si celle-ci était nécessaire.

**Résultats** : Soixante-quatorze paires de mesures ont été comparées. En valeur absolue, on retrouve une corrélation entre les deux méthodes de mesure ( $r= 0,769$  et  $p < 0,0001$ ), le biais moyen est à  $-0,7$  l/min, les limites de concordances sont à  $-2,9$  et  $1,6$  l/min et le pourcentage d'erreur à  $39,81\%$ . Trente-quatre paires de variations de débit ont été comparées. On ne retrouve pas de corrélation statistiquement significative entre les mesures de variation de débit cardiaque par thermodilution transpulmonaire et par échocardiographie transthoracique. Le biais moyen est à  $-0,19$  l/min, les limites de concordance sont à  $-1,82$  et  $1,43$ . Avec une zone d'exclusion de  $15\%$ , l'analyse du quadrant-plot retrouve un taux de concordance à  $78,6\%$ . Le polar plot révèle un angle polaire moyen sans exclusion de  $14,2^\circ$  avec un intervalle de confiance à  $95\%$  de  $-14,2^\circ$  à  $42,7^\circ$ .

**Conclusion** : Chez 30 patients de réanimation ventilés en fibrillation auriculaire, la mesure du débit cardiaque par thermodilution transpulmonaire et échocardiographie transthoracique ne sont pas interchangeables.

## INTRODUCTION

La mesure du débit cardiaque (DC) est utilisée de façon courante en réanimation afin d'aider le clinicien à préciser le mécanisme d'un état de choc, orienter la stratégie thérapeutique telle que le remplissage vasculaire ou l'utilisation de catécholamines et en suivre la réponse. Les consensus d'experts internationaux suggèrent d'en effectuer la mesure et le suivi pour tout état de choc réfractaire aux thérapeutiques initiales [1]. Seulement, celle-ci ne peut être appréhendée par les moyens de monitorages simples. En effet, plusieurs auteurs ont montré que les variations de débit cardiaque sont mal détectées et suivies par la simple mesure de la pression artérielle [2,3].

La thermodilution artérielle pulmonaire (TDAP) est considérée comme la méthode de référence de mesure du débit cardiaque. Néanmoins, cette technique présente des limites, notamment lors d'insuffisance tricuspidiennne ou pulmonaire, dont la mesure est ininterprétable. Cette technique, en plus d'être invasive, présente un risque de complication majeure (infectieuse, thromboembolique, infarctus pulmonaire, ...) [4,5]. De nombreux outils moins invasifs permettant la mesure du débit cardiaque sont développés, étudiés et tentent de trouver leur place dans ce contexte de réanimation.

De ce fait, l'échocardiographie (ETT) ainsi que la thermodilution transpulmonaire (TDTP) sont devenues les techniques de première ligne en réanimation. Ces deux techniques ont été validées chez les patients de réanimation de façon comparative aux techniques de références que sont la thermodilution artérielle pulmonaire ou la méthode de Fick [6,7,8,9]. Seulement, les études de validation de ces méthodes de mesures du débit cardiaque ont largement exclu de leurs effectifs les patients arythmiques [9].

La fibrillation auriculaire (ACFA) est l'arythmie la plus fréquente en réanimation. Une étude suggère qu'un quart des patients de 65 ans admis en réanimation pour un sepsis ont une fibrillation auriculaire [10]. Celle-ci peut être permanente ou peut survenir pendant l'hospitalisation en réanimation. La fibrillation auriculaire est caractérisée par des variations importantes de fréquence cardiaque, de volume d'éjection systolique et donc du débit cardiaque.

Nous faisons l'hypothèse que la thermodilution transpulmonaire pourrait permettre de mesurer le débit cardiaque chez les patients en fibrillation auriculaire. Afin de tester cette hypothèse, nous proposons d'évaluer la concordance de mesure du débit cardiaque par ces deux techniques à savoir la thermodilution transpulmonaire et l'échocardiographie transthoracique.

# MATERIEL ET METHODE

## Patients

Il s'agit d'une étude prospective, monocentrique menée dans le service de réanimation polyvalente du CHU de Rangueil à Toulouse entre juillet 2016 et juillet 2017. Ce travail observationnel a reçu l'accord du Comité d'éthique de la recherche du centre hospitalo-universitaire de Toulouse (France), enregistré sous le numéro 01-1216 (annexe 1). La recherche de non opposition du patient et/ou des proches concernant la participation a été systématiquement réalisée.

Les patients inclus étaient sous ventilation mécanique contrôlée, en fibrillation auriculaire et nécessitaient un monitoring par thermodilution transpulmonaire pour des raisons hémodynamiques ou respiratoires. L'indication du monitoring par thermodilution transpulmonaire était portée par le médecin en charge du patient dans le service de réanimation.

Les critères d'exclusion sont :

- Patients de moins de 18 ans
- Rétrécissement aortique ou sous aortique (SAM)
- Insuffisance aortique sévère
- Tamponnade
- Shunt intracardiaque sévère

## Procédure

### *Thermodilution transpulmonaire*

La décision de mise en place d'un monitoring par thermodilution transpulmonaire était portée par le médecin en charge du patient. Ce monitoring nécessite la mise en place d'une voie veineuse centrale en territoire cave supérieur et d'un cathéter artériel fémoral de thermodilution PULSIOCATH 5F, 20 cm de long. Le monitoring était effectué avec un PiCCO2 de Pulsion médical systems. La mesure du débit cardiaque était effectuée de façon concomitante à l'échocardiographie. Pour chaque mesure du débit cardiaque, nous avons effectué trois thermodilutions. Il s'agit d'un débit cardiaque moyenné sur trois mesures.

Chaque thermodilution était effectuée par l'injection de 20 millilitres de sérum salé isotonique froid par voie veineuse centrale.

### *Echocardiographie transthoracique*

Les vues échocardiographiques standards ont été acquises en utilisant un échocardiographe ViVID-i de General Electric par un réanimateur expérimenté, aveugle des résultats de la thermodilution transpulmonaire. L'échocardiographie était réalisée de façon simultanée à la thermodilution transpulmonaire, sans modification thérapeutique.

Le débit cardiaque était calculé à partir de la chambre de chasse du ventricule gauche (CCVG) tel que décrit par Mclean et al [11]. La formule utilisée est la suivante :

$$\text{Débit cardiaque} = \text{ITVssAortique} \times \text{Sao} \times \text{FC}$$

$$\text{ITVssAortique} = \text{intégrale temps-vitesse sous aortique}$$

$$\text{Sao} = \text{surface aortique}$$

$$\text{FC} = \text{fréquence cardiaque}$$

La chambre de chasse du ventricule gauche était mesurée en vue para sternale grand axe. La mesure était effectuée en systole, comme la distance entre l'insertion des valves aortiques. La surface aortique était calculée à partir de cette formule :

$$\text{Sao} = ((\text{CCVG}^2) \times \pi) / 4$$

L'intégrale temps-vitesse sous aortique était mesurée sur la coupe apicale cinq cavités, en effectuant un doppler pulsé au niveau de la chambre de chasse sous aortique. Il était important d'obtenir un angle proche de 0° entre le flux sanguin aortique et la mesure doppler. En effet, lorsque l'angle est important (supérieur à 20°), la mesure devient ininterprétable car elle est sous-estimée. La fibrillation auriculaire est caractérisée par une irrégularité du rythme, entraînant des variations de volume d'éjection systolique. Le volume d'éjection systolique va dépendre du temps de remplissage du ventricule gauche (temps de diastole). Celui-ci est fixe chez les patients en rythme sinusal mais varie d'un battement à l'autre chez les patients en fibrillation auriculaire. Cette irrégularité se caractérise par des variations importantes de mesure de l'intégral temps-vitesse sous aortique au niveau de l'échocardiographie. Pour s'affranchir des ces variations, nous avons effectué la mesure du débit cardiaque en calculant la moyenne de dix intégral temps-vitesse sous aortique [12]. A chaque intégral temps-vitesse sous aortique, nous avons réalisé la mesure de la fréquence cardiaque avec la diastole précédente. La fréquence cardiaque utilisée pour la mesure du débit cardiaque était donc une moyenne de dix fréquences cardiaques.

Nous avons effectué les mesures échocardiographiques de façon simultanée à la réalisation des bolus de thermodilution de façon à être aveugle des résultats de la thermodilution.

### *Remplissage vasculaire*

La nécessité du remplissage vasculaire était portée par le médecin en charge du patient. En cas de remplissage vasculaire, celui-ci était effectué par 500 millilitres de sérum salé isotonique en moins de 30 minutes. Pendant le remplissage il n'y avait pas de modification thérapeutique ou ventilatoire.

La mesure du débit cardiaque était calculée simultanément par thermodilution transpulmonaire et échocardiographie transthoracique avant puis immédiatement après le remplissage vasculaire.

Pour la réponse au remplissage vasculaire, nous avons effectué les mesures statistiques avec comme valeurs seuil de variations de débit cardiaque 10 et 15% [13,14].

Les patients pouvaient être inclus au maximum deux fois. Lors de chaque inclusion, les patients pouvaient bénéficier d'un remplissage vasculaire. Au total, le nombre maximal de mesures de débits cardiaques par patient étaient de quatre.

## Objectif de l'étude

L'objectif principal de l'étude était d'évaluer la concordance de mesure de débit cardiaque par ces deux techniques, à savoir la thermodilution transpulmonaire et l'échocardiographie transthoracique.

Les objectifs secondaires étaient :

- Evaluer la concordance de variation de débit cardiaque induite par le remplissage vasculaire par les deux méthodes de mesure.
- Evaluer la réponse au remplissage vasculaire par les deux méthodes.
- Evaluer la précision de mesure du débit cardiaque par les deux méthodes.

## Analyse statistique

Dans une première étape de statistique descriptive, nous avons vérifié la distribution des valeurs à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk.

Les résultats ont été exprimés en médiane et IC 95 [intervalle de confiance à 95%] pour les variables quantitatives et en nombre et pourcentage pour les variables qualitatives. Nous avons évalué l'évolution du débit cardiaque par chacune des techniques de mesure au cours du test de remplissage. S'agissant d'échantillons appariés, ont été utilisés pour les variables continues un test de Wilcoxon et pour les variables qualitatives (exprimées en pourcentage) un test de Cochran Q.

Le coefficient d'erreur ( $CE = CV/\sqrt{n}$  avec  $CV = DS/moyenne$ ) a été calculé sur l'ensemble des mesures sur 10 ITVssAo pour chaque mesure pour l'ETT et 3 thermodilutions pour chaque mesure pour la TDTP. La précision d'une technique est estimée à deux fois le CE [15].

La corrélation entre les mesures DC TDTP et DC ETT a été quantifiée par le calcul des équations et des coefficients de régression. La valeur prédictive individuelle du débit cardiaque estimée par la TDTP a été analysée par la méthode de Bland et Altman à mesure répétée permettant de déterminer les limites de concordances (écarts des valeurs du DC TDTP par rapport au DC ETT) [16]. Le biais et la précision individuelle des estimations (DC TDTP) du DC évalués par la TDTP comparée au DC ETT, ont été évalués par le test de Sheiner et Beal [17].

En outre, le pourcentage d'erreur (PE) pour l'estimation du DC par la TDTP en prenant l'ETT comme gold standard a été calculé selon l'équation :  $PE = 2 \text{ écarts-types} / DC \text{ moyen}$  [18].

Les modifications du débit cardiaque au décours de 2 épreuves de remplissage vasculaire (RV1 et RV2) ont été calculées en soustrayant la première de la deuxième mesure et le pourcentage de variation du DC par rapport à la première mesure. Là encore, nous avons analysé la corrélation puis la concordance de ces différences de DC TDTP et DC ETT en pré et post RV1 et RV2.

La capacité de la TDTP à suivre la variation du DC évaluée par ETT, a été estimée par les représentations graphiques de type « quadrant plot » et « polar plot ». Selon les critères

définis par Critchley [19, 20], pour le « quadrant plot », nous avons utilisé les variations de pourcentage du DC et une zone d'exclusion de 15%. Une bonne capacité de tendance a été définie comme un taux de concordance de plus de 90% [20]. Dans le polar plot, nous avons analysé les changements absolus du DC et appliqué une zone d'exclusion de 0,5 L / min. Une bonne capacité de tendance a été définie comme un angle polaire moyen inférieur à  $\pm 5^\circ$  et une limite de concordance radiale inférieure à  $\pm 30^\circ$  [19, 20].

Chacun de ces tests a été complété par une simulation de Monte-Carlo sur 10.000 sujets.

Dans une dernière étape, nous avons comparé l'évaluation qualitative de la réponse au remplissage vasculaire par les 2 techniques d'estimation du DC (réponse positive en situation d'augmentation du DC de 10% et de 15% après RV). La concordance des résultats des 2 techniques en fonction de l'obtention de la cible a été évaluée par l'étude du coefficient kappa [21].

L'étude statistique a été réalisée sur le logiciel SPSS 23 (IBM SPSS Statistics) pour l'ensemble des analyses en dehors de l'étude des polar plot réalisée à partir du langage de programmation python (Python Software Foundation). Une valeur de  $p \leq 0.05$  était considérée comme statistiquement significative.

# RESULTAT

## Caractéristiques de l'effectif

Trente patients sédatisés et ventilés ont été inclus dans l'étude. Vingt-sept d'entre eux ont bénéficié d'au moins une expansion volémique (RV1) avec mesures du DC par les deux techniques et parmi eux, 7 ont bénéficié de cette comparaison au cours d'une seconde expansion volémique (RV2). Pour 3 patients de l'effectif, aucune expansion volémique n'a été indiquée et une comparaison en valeur absolue du DC par les deux techniques a simplement été effectuée.

L'âge médian était de 69,5 ans [45-87], 24 patients étaient des hommes (80%), le score SAPS 2 médian était de 72 [31-105], les 2 motifs d'hospitalisation prépondérants étaient des états de choc septiques (33,3%) et des arrêts cardio circulatoires (23,3%). Les deux tiers des patients étaient sous noradrénaline au moment des mesures. La mortalité à J28 était de 40%. Le débit cardiaque médian mesuré par ETT était de 5L/min [4,33 - 6,08] et par TDTP de 5,62L/min [4,75 - 5,99]. Les caractéristiques de la population sont résumées dans le tableau 1.

n=30	Médiane (IC 95%)	Min	Max
Age	69,5 (66 – 75)	45	87
Taille	170 (165 – 175)	155	182
Poids	85 (76 – 92)	50	130
IMC	28,6 (25,7 - 31,8)	18,4	47,8
SAPS 2	72 (62 – 81)	31	105
Hommes	24 (80%)		
<b>Admission</b>			
Pancréatite aiguë	1 (3,3%)		
Choc septique	10 (33,3%)		
Choc cardiogénique	3 (10%)		
Choc hémorragique	1 (3,3%)		
Arrêt cardio-respiratoire	7 (23,3%)		
SDRA	2 (6,7%)		
Post-opératoire	6 (20%)		
Paramètres initiaux	Médiane (IC 95%)	Min	Max
T°C	37,6 (37 – 38)	34,4	38,6
PAm	74 (68 – 76)	52	97
FC	119 (107 – 134)	83	188
P/F	214 (183 – 244)	80	334
Vt (mL/Kg)	6 (6 – 7)	6	8
PEP	6 (5 – 7)	3	12
<b>Catécholamines</b>			
Noradrénaline	20 (66,6%)		
Dobutamine	4 (13,3%)		
Adrénaline	1 (3,3%)		
<b>DC</b>			
DC ETT pré RV1 (n=30)	5 [4,33 - 6,08]	2,8	8,54
DC TDTP pré RV1 (n=30)	5,62 [4,75 - 5,99]	2,85	9,47
Mortalité J28	12 (40%)		

Tableau 1 : caractéristiques de la population

## Mesures du débit cardiaque

Soixante-quatorze paires de mesures ont été réalisées et comparées.

La corrélation entre les valeurs de DC mesurées par TDTP et ETT était significative ( $r= 0,769$  et  $p <0,0001$  ; Figure 1). L'analyse de concordance de Bland-Altman retrouve un biais de  $-0,7$  L/min et des limites de concordances entre  $1,6$  et  $-2,9$  L/min (Figure 2). Le pourcentage d'erreur était de  $40\%$ . Le calcul de la précision retrouve  $14,35\%$  pour l'ETT et  $15,34\%$  pour la TDTP (annexe 2)

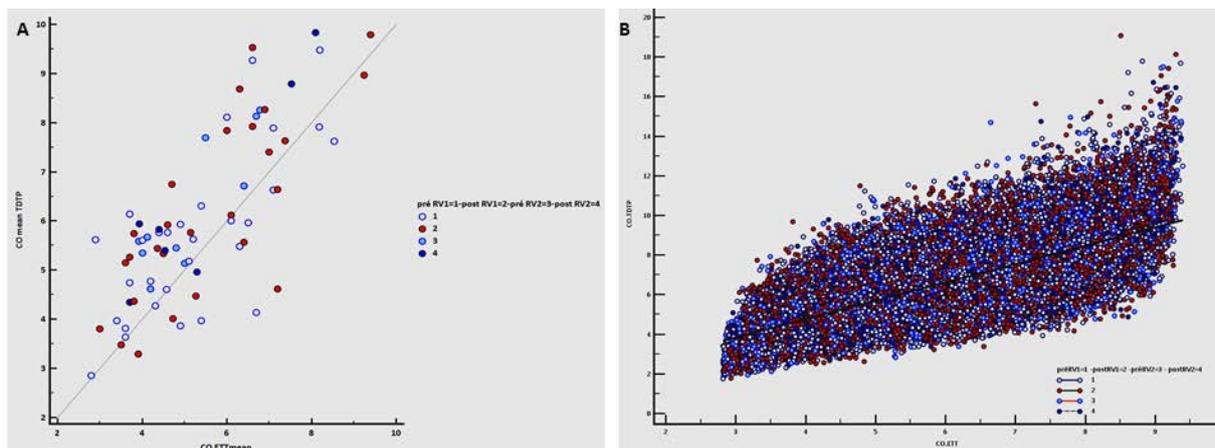


Figure 1 : Relation entre les valeurs de DC (L/min) mesurées par la TDTP et par l'ETT

- A) 74 paires de mesures chez 30 patients : Equation :  $y = 1,5046 + 0,8424 x$  – ( $r= 0,769$  et  $p <0,0001$ )
- B) Simulation 10000 patients : équation  $Y = 1,0640 + 0,9253 X$  – ( $r=0,76$  et  $p>0,0001$ )

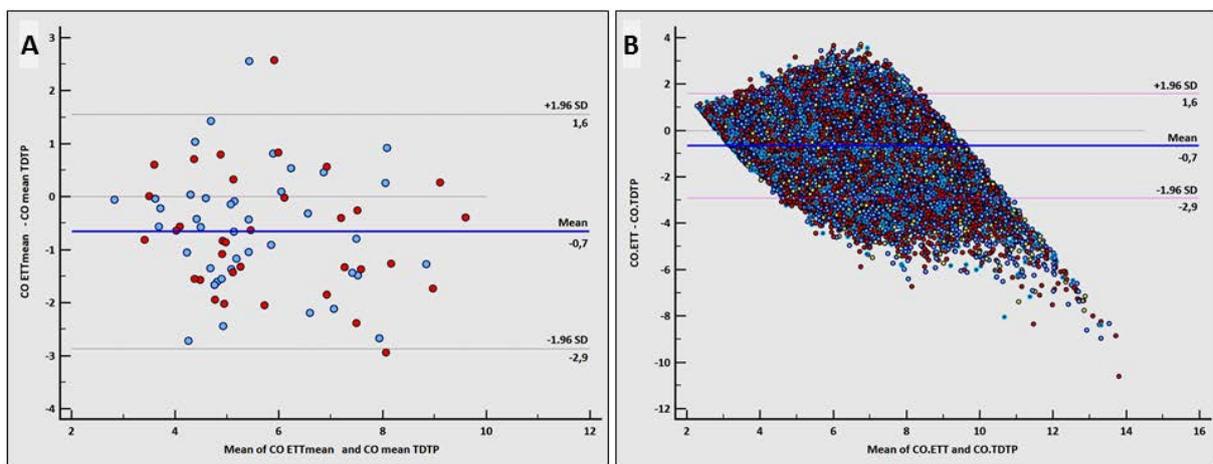


Figure 2 : Représentation graphique de Bland et Altman du débit cardiaque évalué par ETT et TDTP

- A) Sur les 74 mesures effectuées chez 30 patients.
- B) Sur 10 000 patients (simulation de Monte Carlo)

## Evaluation de la réponse au remplissage vasculaire en fonction de la technique de mesure du débit cardiaque

Trente-quatre paires de variations de débit cardiaque ont été recueillies chez 27 patients. Les données sur les mesures de débit cardiaque par chaque technique ainsi que la variation induite par le remplissage vasculaire sont résumées dans le tableau 2, 3 et 4

	n	Médiane	IC 95%	Min	Max	P*
<b>RV1</b>						
DC ETT pré RV1	27	5,1	4,30 - 6,30	2,8	8,54	0,0536
DC ETT post RV1	27	5,27	4,49 - 6,60	3	9,4	
DC TDTP pré RV1	27	5,61	4,59 - 6,15	2,85	9,47	0,0015*
DC TDTP post RV1	27	5,77	5,26 - 7,41	3,29	9,79	
<b>RV2</b>						
DC ETT pré RV2	7	4,2	3,96 - 6,74	3,92	6,78	0,1563
DC ETT post RV2	7	4,54	3,81 - 7,82	3,70	8,1	
DC TDTP pré RV2	7	5,59	4,98 - 8,2	4,62	8,26	0,3750
DC TDTP post RV2	7	5,83	4,65 - 9,32	4,34	9,83	

\*: test de Wilcoxon

Tableau 2 : Comparaison des DC (L/min) avant et après remplissage pour chacune des méthodes de mesure

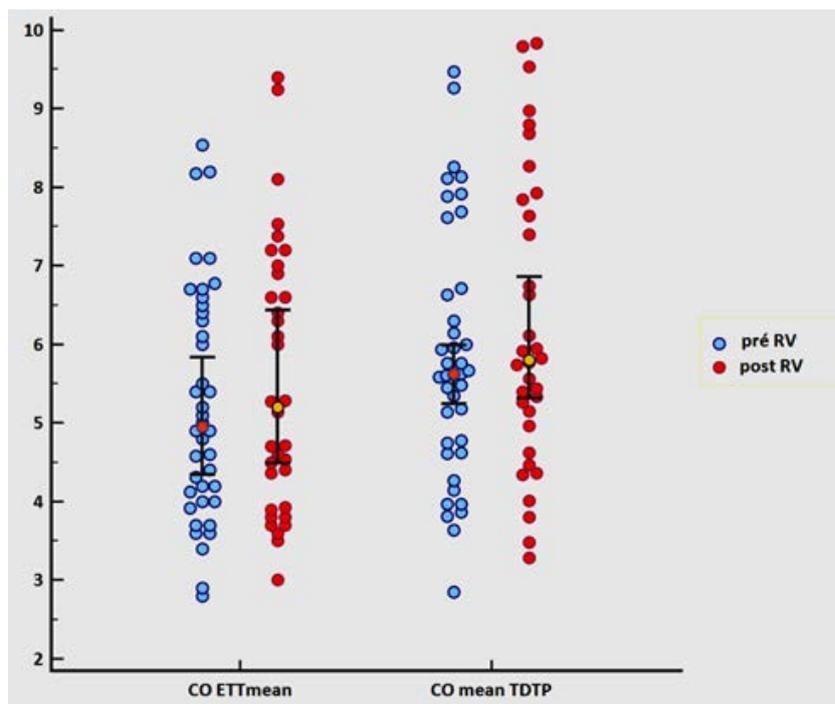
	n	Médiane	IC 95%	Min	Max
DC.ETT post RV1- DC.ETT pré RV1	27	0,10	-0,18 - 0,38	-6,1	1,8
DC. TDTP post RV1-DC.TDTP pré RV1	27	0,39	0,18 - 0,64	-6	1,96
% Variation DC ETT RV 1	27	3,06	-0,066 - 11,14	-16,7	33,3
% Variation DC TDTP RV 1	27	8,64	4,54 - 17,09	-13,8	37,93
DC. ETT post RV2-DC.ETT pré RV2	7	0,42	-0,25 - 1,08	-0,50	1,40
DC. TDTP post RV2-DC. TDTP pré RV2	7	0,36	-0,39 - 1,12	-0,49	1,70
% Variation DC ETT RV 2	7	10,19	-5,88 - 16,03	-11,9	20,9
% Variation DC TDTP RV 2	7	6,41	-7,53 - 15	-9,05	20,9

Tableau 3 : variations du DC au décours des épreuves de remplissage

	Pas de réponse	Réponse positive	Proportion (%)	p*
<b>Première épreuve de remplissage (n=27)</b>				
• Variation DC.ETT >10%	18	9	33,33	0,248
• Variation DC. TDTP >10%	14	13	48,15	
• Variation DC.ETT >15%	22	5	18,52	0,132
• Variation DC. TDTP >15%	17	10	37,04	
<b>Seconde épreuve de remplissage (n=7)</b>				
• Variation DC.ETT >10%	3	4	57,14	0,083
• Variation DC. TDTP >10%	6	1	14,29	
• Variation DC.ETT >15%	6	1	14,29	NA
• Variation DC. TDTP >15%	6	1	14,29	
<b>Total des épreuves de remplissage (n=34)</b>				
• Variation DC.ETT >10%	21	13	38,24	0,796
• Variation DC. TDTP >10%	20	14	41,18	
• Variation DC.ETT >15%	28	6	17,65	0,132
• Variation DC. TDTP >15%	23	11	32,35	

\* : Cochran's Q test

**Tableau 4 :** étude analytique de la réponse au remplissage vasculaire : pourcentage de variation aux 2 périodes et sur l'ensemble des mesures et avec 2 seuils d'évaluation qualitative : 10 et 15 % d'augmentation du débit cardiaque.



**Figure 3 :** cinétique du DC mesuré par ETT et par TDTP au décours l'ensemble des périodes de remplissage vasculaire

On ne retrouve pas de corrélation statistiquement significative en comparant les variations de débit mesurées par TDTP et par ETT ( $r = 0,1809$  et  $p=0,3058$  ; Figure 4). L'analyse de concordance de Bland-Altman retrouve un biais de  $-0,19$  L/min et des limites de concordances entre  $1,43$  et  $-1,82$  L/min (Figure 5). L'analyse de la concordance des mesures de variations de DC par TDTP et ETT par la méthode des quatre quadrants révèle un taux de concordance de  $78,6\%$  avec une zone d'exclusion de  $15\%$  comme proposé par Critchley [19]. (Figure 6). Lorsqu'on représente ces données de comparaison de variation sur un diagramme polaire (polar plot), l'angle polaire moyen sans exclusion est de  $14,2^\circ$  avec un intervalle de confiance à  $95\%$  de  $-14,2^\circ$  à  $42,7^\circ$  (Figure 7) témoignant d'un mauvais agrément de ces deux techniques. Le coefficient Kappa est de  $0,0794$  ( $-0,257 - 0,416$ ) pour un seuil d'augmentation de  $10\%$  du débit cardiaque et de  $0,161$  ( $-0,171 - 0,494$ ) pour un seuil d'augmentation de  $15\%$  du débit cardiaque entre les deux techniques. Ce faible seuil témoigne du mauvais degré d'agrément de l'évaluation de la réponse du remplissage vasculaire entre l'ETT et le TDTP (Figure 8).

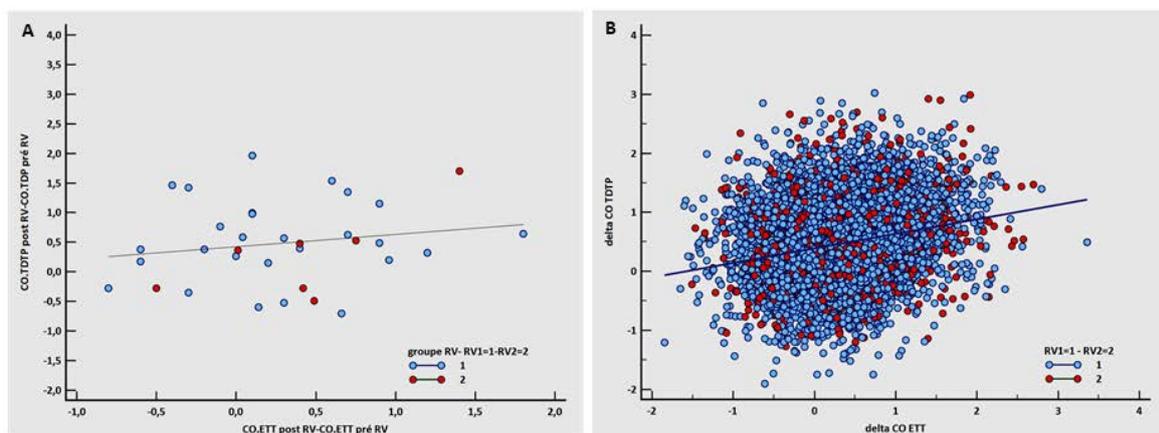


Figure 4 : Relation entre le delta DC estimé par l'ETT et le delta DC évalué par la TDTP

- A) Sur les 34 cas (RV1 et RV2) la régression répond à une équation du type  $Y = 0,4216 + 0,2105 X$  -  
( $r=0,1809$  et  $p=0,3058$ )
- B) Régression sur 10 000 simulations :  $Y = 0,3903 + 0,2460 X$  - ( $r=0,2257$  -  $p<0,0001$ )

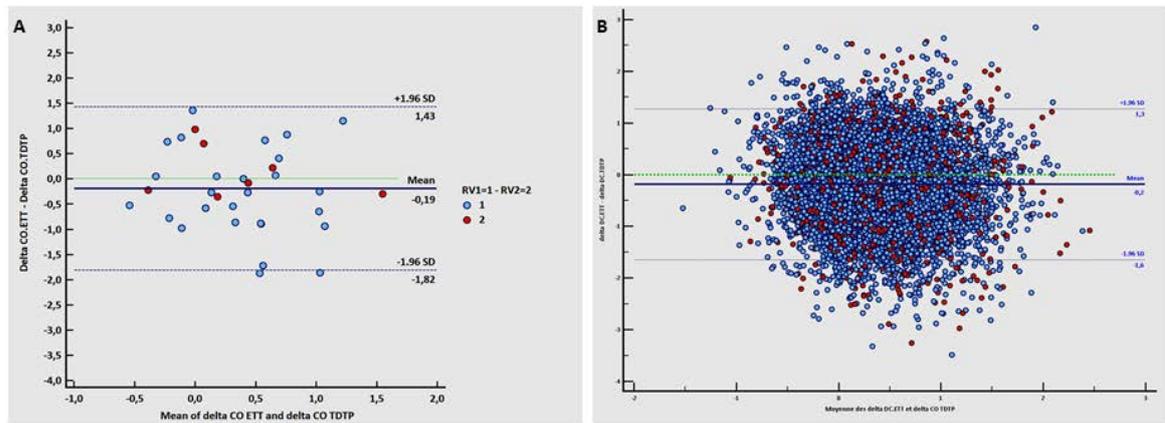


Figure 5 : Représentation graphique de Bland et Altman des variations du débit cardiaque évalué par ETT et TDTP

- A) 34 épreuves de remplissage vasculaire
- B) 10 000 simulations de remplissage vasculaire (simulation de Monte Carlo)

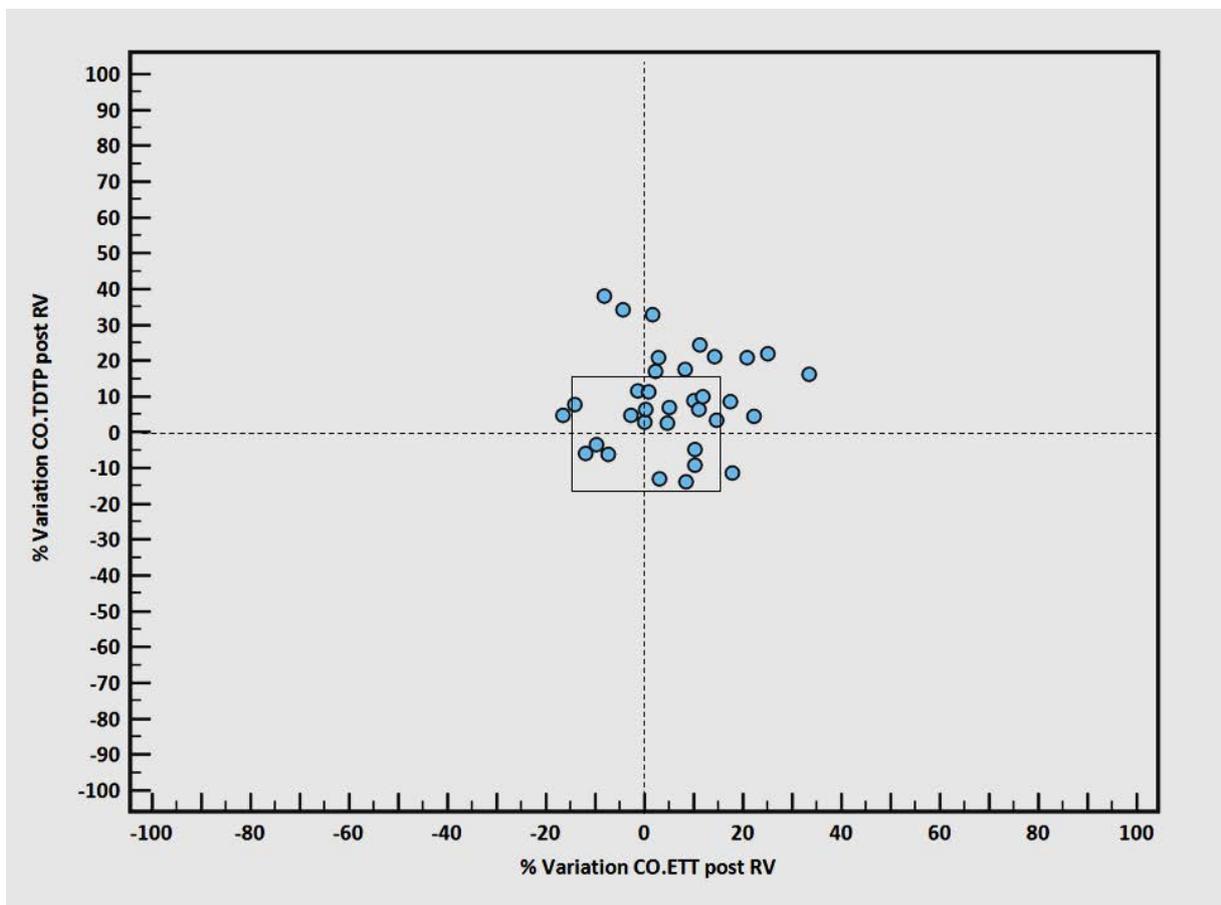


Figure 6 : quadrant plot : 4 quadrants des % de variations du DC.TDTP vs les % de variations du DC.ETT.

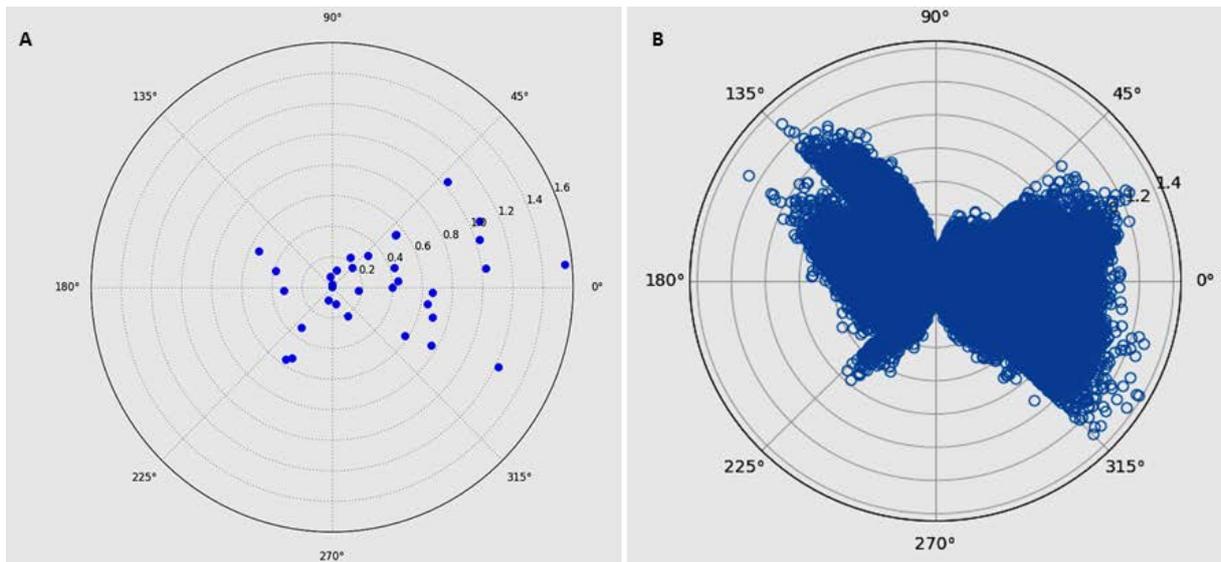


Figure 7 : polar plot

A) Variations du DC (ETT référence) après remplissage vasculaire à partir des 74 mesures effectuées chez 30 patients

B) Simulations des variations DC sur 10 000 sujets

Seuil d'augmentation de 10% du Débit cardiaque				
n=34	Observer A : ETT			Kappa (IC 95%)
Observer B : TDTP	Pas de réponse	Réponse positive	Total (%)	0,0794 (-0,257 - 0,416)
Pas de réponse	13	7	20 (58,8%)	
Réponse positive	8	6	14 (41,2%)	
Total (%)	21 (61,8%)	13 (38,2%)	34	
Seuil d'augmentation de 15% du Débit cardiaque				
n=34	Observer A : ETT			Kappa (IC 95%)
Observer B : TDTP	Pas de réponse	Réponse positive	Total (%)	0,161 (-0,171 - 0,494)
Pas de réponse	20	3	23 (67,6%)	
Réponse positive	8	3	11 (32,4%)	
Total (%)	28 (82,4%)	6(17,6%)	34	

Figure 8 : En considérant l'ETT comme un observateur « A » et la TDTP comme un observateur « B », on peut réaliser une analyse qualitative par un test d'inter-agrément : étude du coefficient Kappa

## DISCUSSION

### Concordance des mesures de DC

Dans notre étude chez 30 patients ventilés de réanimation en ACFA, notre analyse comparative des mesures du DC simultanément par ETT et TDTP révèle un biais faible mais avec des limites de concordances très larges. L'interprétation des limites de concordances peut parfois être délicate en fonction du contexte. Une erreur de 1 L/min de DC n'a pas la même pertinence chez un patient hyperkinétique ou chez un malade à la fonction cardiaque sévèrement altérée. Aussi, Critchley et al ont proposé d'utiliser une valeur limite acceptable du pourcentage d'erreur de 30% [22]. Dans notre étude, nous retrouvons un pourcentage d'erreur de près de 40%.

Nous avons choisi l'échocardiographie transthoracique comme technique de référence afin de tester notre hypothèse initiale. En effet, cette technique d'évaluation hémodynamique non invasive est désormais couramment utilisée en réanimation comme en témoignent les données d'une enquête de pratique en réanimation publiée en 2015 [23]. Cet outil permet une mesure techniquement aisée, fiable et rapide du débit cardiaque [24]. Lorsqu'elle est comparée à la mesure du débit cardiaque par thermodilution artérielle pulmonaire, on rapporte constamment un biais faible mais des limites d'agréments assez larges [25,8].

Une étude très récente conforte notre choix. Chez 38 malades ventilés de réanimation, une méthodologie rigoureuse montre un biais minime, des limites d'agrément modérées, un pourcentage d'erreur à 25% et une précision évaluée à 9%, en rythme sinusal [9].

En ACFA, Dubrey et Falk [26] estiment qu'une mesure du débit cardiaque sur la moyenne de 10 battements successifs permet de réduire à moins de 2,5 % la variation de débit battement par battement liée à l'arythmie. Cette étude a notamment conduit la société américaine d'échocardiographie à proposer en 2002 de réaliser la mesure du débit cardiaque en doppler pulsé sur une moyenne d'au moins 5 à 10 battements chez les patients en fibrillation auriculaire [12].

Toutefois, comme toute technique de mesure ultrasonore, la mesure du débit cardiaque par ETT se heurte à de nombreuses limites. Des erreurs dans la mesure du débit cardiaque peuvent être induites par le patient, l'opérateur, et la technique [27,28]. La nécessité d'un flux

laminaire, d'une surface de chambre de chasse de l'aorte constante, d'un angle de mesure doppler le plus petit possible sont autant de facteurs d'erreurs de mesures. De plus, l'hypothèse d'un profil d'écoulement plat dans l'aorte, alors qu'il est à géométrie parabolique in vivo, est à l'origine de l'imprécision et de la variabilité intra et inter opérateur liée à un mauvais positionnement de la fenêtre d'échantillonnage doppler. [8]. Une fenêtre acoustique de mauvaise qualité et des conditions de mesures difficiles sont rapportées en réanimation de manière plus fréquente qu'en cardiologie. La pathologie du patient, son installation, les dispositifs médicaux, les interactions cœur-poumon en ventilation mécanique en pression positive et les asynchronies patient-ventilateur sont autant de causes de recueils de mauvaises qualités [29]. Ces sources d'erreurs potentielles sont réduites par la répétition des mesures et l'utilisation de leurs valeurs moyennes sur une succession de battements [12].

La contrainte de la simultanéité des mesures par les deux techniques nous a également imposé une rapidité d'exécution des mesures qui, chez des patients aux fenêtres transthoracique de mauvaise qualité, a pu favoriser des mesures doppler de qualité suboptimale pouvant être un facteur d'imprécision. Afin de tester notre hypothèse dans un contexte correspondant à la réalité quotidienne, nous n'avons pas exclu de patients en fonction de la qualité de l'examen, sauf en cas d'examen raisonnablement impossible ou ininterprétable. Nous avons cependant réalisé toutes les mesures en s'assurant des meilleures conditions de mesures, de l'absence d'asynchronie patient/respirateur, de variations importantes du niveau de pression ventilatoire et à distance de toute modification de débit de vasopresseurs. Pour autant, l'acquisition de 10 ITVssAo successives est largement soumise à plusieurs mouvements respiratoires, ce qui représente un facteur d'erreur de mesure incontournable.

Concernant la variabilité inter opérateur, chaque mesure échocardiographique avant et après une expansion volémique était réalisée par le même médecin, aveugle des résultats de la mesure du DC par TDTP réalisée simultanément par l'infirmier(e).

Enfin, le calcul de la valeur absolue du débit cardiaque nécessite la mesure du diamètre de la chambre de chasse de l'aorte, qui peut représenter une source d'erreur potentielle. On retrouve dans un de nos travaux précédents une mauvaise concordance des DC mesurés chez 112 patients de réanimation lorsqu'on compare les valeurs de ces débits avec une mesure du diamètre de la valve aortique ou avec son estimation par la formule établie par Leye et al [30, Virtos et al (SFAR2015, annexe 3)].

Concernant la TDTP, un grand nombre d'études a évalué la performance de cette technique dans la mesure du DC. On retrouve constamment une bonne concordance de ces mesures par rapport à des méthodes de référence en valeur absolue et en variation dans de nombreuses situations cliniques [31]. De plus, une revue systématique récente étudiant la reproductibilité des mesures du DC par TDTP à partir des résultats de 14 études chez 682 patients fournissant des données sur la précision de leurs mesures, soit 3432 évaluations de débit par 9775 bolus, retrouvent une excellente reproductibilité de 6,1 +/-2%. Toutefois, dans la majorité de ces études, les patients arythmiques ont été exclus et seuls 22 sont rapportés sans toutefois avoir bénéficié d'une analyse spécifique [32]. Ainsi, l'impact de l'ACFA sur la fiabilité de la TDTP n'est pas connu. Si Monnet et al ne trouvaient pas d'influence de 18 patients en ACFA sur la précision des mesures de DC par TDTP sur un effectif total de 91 patients, aucune donnée spécifique du groupe de patients arythmique n'est présentée [7].

## Etude de la capacité de détection des variations de débit

Plus que la comparaison des valeurs absolues par rapport à une méthode de référence, c'est probablement la détection d'une variation, sa direction et son amplitude qui paraissent cliniquement les plus pertinentes.

Dans notre étude, les mesures de variations de DC par ETT et TDTP, au cours de 34 expansions volémiques chez 27 patients en ACFA, montrent des résultats non comparables en amplitude et en direction. L'analyse de corrélation ne permet pas de retrouver de relation statistiquement significative entre les résultats de mesure de variation de DC. Le biais retrouvé est faible compte tenu des faibles variations de DC et les limites de concordance sont larges. L'analyse du quadrant plot montre parmi 15 paires de mesures dépassant la zone d'exclusion que 4 paires de mesures ont des variations en sens opposées. Le résultat de concordance de 78,6% est bien en dessous de la valeur acceptable de 92% [20]. De manière similaire, l'analyse du polar plot montre un angle polaire moyen de 14,2° dépassant l'angle acceptable à l'horizontal de +/- 5°. De manière descriptive, les points les plus éloignés du centre représentant les variations de débit les plus importantes s'éloignent de l'horizontale en prenant une direction d'autant plus verticale que le niveau de concordance est faible.

Ces résultats sont différents de ce que l'on peut retrouver chez les patients en rythme sinusal. Concernant l'ETT, Mercado et al retrouvent une bonne capacité de détection des

variations de DC de l'ETT comparativement à la TDAP sur 64 paires de mesures chez 38 patients de réanimation [9]. Ils retrouvent en comparant les variations de DC un biais minime, des limites de concordances modérées, un taux de concordance de 94% en quadrant plot et un taux de concordance à 100% en polar plot avec un angle polaire moyen à 1 degré. Cette étude ne comporte toutefois que des patients en rythme sinusal, des conditions de mesures standardisées chez des patients curarisés loin des conditions de la pratique quotidienne et leurs analyses de concordance en variation exclue les faibles variations de débit avec un seuil à 15%. Felbinger et al retrouvent dans une étude chez 17 patients en post opératoire de chirurgie coronaire, au décours de 53 expansions volémiques, une bonne concordance de détection des variations de DC mesurées par TDTP et TDAP [33].

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ces résultats. Les données concernant l'exactitude, la précision et la capacité de détection de variations sont issues d'études sur des patients en rythme sinusal. La capacité d'une technique de mesure à détecter une élévation significative du débit cardiaque par une expansion volémique, dépend notamment de la reproductibilité des mesures de cette technique, c'est-à-dire la capacité à rendre des valeurs proches les unes des autres lors de mesures répétées d'un même débit. En effet, si la variabilité d'une méthode de mesure pour un même débit dépasse le seuil de significativité fixé a priori de réponse au remplissage, cette variation peut être imputée à tort à une élévation du débit alors qu'elle n'est liée qu'à un manque de précision de la technique. On définit dans ces conditions un seuil au-delà duquel une variation DC doit s'élever pour considérer que cette variation est liée à l'augmentation du DC et considérer le patient répondeur à une épreuve de remplissage.

Dans le cadre d'une évaluation de la précision de plusieurs mesures du DC par TDAP intermittente (16 bolus d'indicateurs thermique successifs par patients), Østergaard et al retrouvent une précision significativement moins bonne chez les patient en ACFA par rapport aux patients en rythme sinusal. Ces résultats étaient d'autant plus marqués que ces patients avaient un DC plus élevé [34]. De la même manière, Dubrey et al décrivent une imprécision majorée de la mesure du DC chez les malades en ACFA par rapport aux patients en rythme sinusal en lien à la fois avec la modification du VES mais également de la FC à chaque battement, améliorée par une moyenne sur un plus grand nombre de battements [26].

Nous retrouvons dans notre étude une précision moins bonne chez nos patients en ACFA (14,35 pour l'ETT et 15,34 pour la TDTP) que celle publiée en réanimation chez des

patients en rythme sinusal (9% pour l'ETT [9] et 6,1 +/-2% pour la TDTP [32]). Ainsi, l'impact de l'ACFA sur la précision des deux méthodes de mesure a probablement réduit notablement les capacités de détection des variations de débit dans notre étude.

L'évaluation hémodynamique au sein de notre équipe s'est largement tournée vers l'échocardiographie depuis plusieurs années et la mise en place du monitoring par thermodilution transpulmonaire permettant l'inclusion des patients dans l'étude s'est parfois faite à distance de la phase la plus aigüe et ainsi un certain nombre de patients avait probablement déjà bénéficié d'une réduction de leur précharge-dépendance initiale réduisant de ce fait le nombre de patients répondeurs à l'expansion volémique. Trois patients de l'effectif ne présentaient plus d'indication à une expansion volémique au regard d'un faisceau d'arguments hémodynamiques complets et le tiers de notre effectif ne nécessitait plus de catécholamines. Cette situation a probablement réduit la proportion de patients pouvant présenter une variation caricaturale du débit cardiaque après remplissage vasculaire mais n'explique pour autant pas la mauvaise concordance. A l'examen du quadrant plot, les épreuves de remplissage ayant conduit à de faibles variations de DC, inférieures à 15%, par les deux techniques, exclues de l'analyse de capacité de détections, représente plus de la moitié de l'effectif.

Ainsi nous ne retrouvons pas de concordance cliniquement acceptable entre la TDTP et l'ETT dans la mesure du DC ni en valeur absolue ni dans la capacité à détecter une variation de DC. L'impact de l'ACFA sur l'une et l'autre des deux techniques est difficile à préciser et somme toute il faut considérer que ces deux techniques ne sont pas interchangeables.

Notre étude comporte de nombreuses limites et afin de mieux comprendre ces résultats, plusieurs axes de recherche complémentaire peuvent s'envisager.

- L'inclusion d'une plus grande proportion de patients « caricaturalement » précharge dépendant.
- La comparaison d'un groupe témoin dans les mêmes circonstances afin de préciser un peu plus le rôle de l'ACFA dans ces résultats.
- L'évaluation de la variabilité inter-opérateur chez ce type de patient.

- L'évaluation plus complète de la reproductibilité des techniques de mesures notamment pour l'ETT par la multiplication des recueils de mesure d'ITVssAo à DC stable mais qui se heurte à la durée d'acquisition soumise à de nombreux cycles respiratoires.

En outre, l'identification de la technique de référence de mesure du DC chez le malade en ACFA ne semble pas clairement définie.

## CONCLUSION

L'ETT et la TDTP dans la mesure et le suivi du DC en réanimation chez le malade en fibrillation auriculaire ne sont pas interchangeables. L'ACFA semble avoir une influence sur l'exactitude, la précision et la capacité de détection d'une variation de DC en amplitude et en direction.

Le choix de la technique dépend des habitudes et compétences du clinicien, de la connaissance des limites de ces techniques dans ce contexte et intégré à l'ensemble de la présentation clinique de chaque patient. Ce choix doit probablement rester le même au différent temps d'une évaluation hémodynamique.

*Vu permis d'imprimer*  
*Le Doyen de la Faculté*  
*de Médecine Toulouse - Purpan*

  
**Didier CARRIÉ**

*Bon jour impression.*  
*Le 04/05/17*

  
**Professeur Olivier FOURCADE**  
Coordination Anesthésie-Réanimation  
Hôpital Purpan  
Place du Docteur Baylac  
TSA 40031 - 31059 TOULOUSE Cedex 9

## 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 Medicine*. 2014 Dec;40(12):1795–815.
2. Pierrakos C, Velissaris D, Scolletta S, Heenen S, De Backer D, Vincent J-L. Can changes in arterial pressure be used to detect changes in cardiac index during fluid challenge in patients with septic shock? *Intensive Care Medicine*. 2012 Mar;38(3):422–8.
3. Monnet X, Letierce A, Hamzaoui O, Chemla D, Anguel N, Osman D, et al. Arterial pressure allows monitoring the changes in cardiac output induced by volume expansion but not by norepinephrine\*. *Critical Care Medicine*. 2011 Jun;39(6):1394–9.
4. Sandham JD, Hull RD, Brant RF, Knox L, Pineo GF, Doig CJ, et al. A randomized, controlled trial of the use of pulmonary-artery catheters in high-risk surgical patients. *New England Journal of Medicine*. 2003;348(1):5–14.
5. Polanczyk CA, Rohde LE, Goldman L, Cook EF, Thomas EJ, Marcantonio ER, et al. Right heart catheterization and cardiac complications in patients undergoing noncardiac surgery: an observational study. *Jama*. 2001;286(3):309–14.
6. Møller-Sørensen H, Graeser K, Hansen KL, Zemtsovski M, Sander EM, Nilsson JC. Measurements of cardiac output obtained with transesophageal echocardiography and pulmonary artery thermodilution are not interchangeable: TEE vs. thermodilution measurements of CO. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2014 Jan;58(1):80–8.
7. Monnet X, Persichini R, Ktari M, Jozwiak M, Richard C, Teboul J-L. Precision of the transpulmonary thermodilution measurements. *Crit Care*. 2011 Aug 27;15(4):R204.
8. Wetterslev M, Møller-Sørensen H, Johansen RR, Perner A. Systematic review of cardiac output measurements by echocardiography vs. thermodilution: the techniques are not interchangeable. *Intensive Care Medicine*. 2016 Aug;42(8):1223–33.
9. 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. *Critical Care* [Internet]. 2017 Dec [cited 2017 Aug 29];21(1). Available from: <http://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-017-1737-7>
10. Klein Klouwenberg PMC, Frencken JF, Kuipers S, Ong DSY, Peelen LM, van Vught LA, et al. Incidence, Predictors, and Outcomes of New-Onset Atrial Fibrillation in Critically Ill Patients with Sepsis. A Cohort Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2017 Jan 15;195(2):205–11.
11. McLean AS, Needham A, Stewart D, Parkin R. Estimation of cardiac output by noninvasive echocardiographic techniques in the critically ill subject. *Anaesth Intensive Care*. 1997 Jun;25(3):250–4.
12. 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*. 2002 Feb;15(2):167–84.
13. Monnet X, Marik P, Teboul J-L. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Medicine*. 2016 Dec;42(12):1935–47.
14. Vignon P, Repessé X, Bégot E, Léger J, Jacob C, Bouferrache K, et al. Comparison of Echocardiographic Indices Used to Predict Fluid Responsiveness in Ventilated Patients. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2017 Apr 15;195(8):1022–32.

15. Cecconi M, Rhodes A, Poloniecki J, Della Rocca G, Grounds RM. Bench-to-bedside review: the importance of the precision of the reference technique in method comparison studies--with specific reference to the measurement of cardiac output. *Crit Care*. 2009;13(1):201.
16. Bland JM, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The lancet*. 1986;327(8476):307–10.
17. Sheiner LB, Beal SL. Some suggestions for measuring predictive performance. *J Pharmacokinet Biopharm*. 1981 Aug;9(4):503–12.
18. Hammoudi N, Hékimian G, Laveau F, Achkar M, Isnard R, Combes A. Three-dimensional transoesophageal echocardiography for cardiac output in critically ill patients: A pilot study of ultrasound versus the thermodilution method. *Archives of Cardiovascular Diseases*. 2017 Jan;110(1):7–13.
19. Critchley LA, Yang XX, Lee A. Assessment of Trending Ability of Cardiac Output Monitors by Polar Plot Methodology. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2011 Jun;25(3):536–46.
20. Critchley LA, Lee A, Ho AM-H. A Critical Review of the Ability of Continuous Cardiac Output Monitors to Measure Trends in Cardiac Output: *Anesthesia & Analgesia*. 2010 Nov;111(5):1180–92.
21. Landis JR, Koch GG. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*. 1977 Mar;33(1):159.
22. Critchley LA, Critchley JA. A meta-analysis of studies using bias and precision statistics to compare cardiac output measurement techniques. *J Clin Monit Comput*. 1999 Feb;15(2):85–91.
23. Zieleskiewicz L, Muller L, Lakhali K, Meresse Z, Arbelot C, Bertrand P-M, et al. Point-of-care ultrasound in intensive care units: assessment of 1073 procedures in a multicentric, prospective, observational study. *Intensive Care Medicine*. 2015 Sep;41(9):1638–47.
24. 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. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015 Jan;28(1):40–56.
25. Temporelli PL, Scapellato F, Eleuteri E, Imparato A, Giannuzzi P. Doppler Echocardiography in Advanced Systolic Heart Failure: A Noninvasive Alternative to Swan-Ganz Catheter. *Circulation: Heart Failure*. 2010 May 1;3(3):387–94.
26. Dubrey SW, Falk RH. Optimal number of beats for the Doppler measurement of cardiac output in atrial fibrillation. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 1997;10(1):67–71.
27. Huang SJ, McLean AS. Appreciating the strengths and weaknesses of transthoracic echocardiography in hemodynamic assessments. *Cardiol Res Pract*. 2012;2012:894308.
28. Van den Berg PC, Grimbergen CA, Spaan JA, Pinsky MR. Positive pressure inspiration differentially affects right and left ventricular outputs in postoperative cardiac surgery patients. *J Crit Care*. 1997 Jun;12(2):56–65.
29. Pinsky MR. Heart-lung interactions. *Curr Opin Crit Care*. 2007 Oct;13(5):528–31.
30. Leye M, Brochet E, Lepage L, Cuffe C, Boutron I, Detaint D, et al. Size-adjusted left ventricular outflow tract diameter reference values: a safeguard for the evaluation of the severity of aortic stenosis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009 May;22(5):445–51.
31. Sakka SG, Reuter DA, Perel A. The transpulmonary thermodilution technique. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 2012 Oct;26(5):347–53.
32. Giraud R, Siegenthaler N, Merlani P, Bendjelid K. Reproducibility of transpulmonary thermodilution cardiac output measurements in clinical practice: a systematic review. *Journal of Clinical Monitoring and*

Computing. 2017 Feb;31(1):43–51.

33. Felbinger TW, Reuter DA, Eltzschig HK, Bayerlein J, Goetz AE. Cardiac index measurements during rapid preload changes: a comparison of pulmonary artery thermodilution with arterial pulse contour analysis. *Journal of Clinical Anesthesia*. 2005 Jun;17(4):241–8.
34. Østergaard M, Nilsson LB, Nilsson JC, Rasmussen JP, Berthelsen PG. Precision of bolus thermodilution cardiac output measurements in patients with atrial fibrillation. *Acta anaesthesiologica scandinavica*. 2005;49(3):366–72.

# ANNEXE

## ANNEXE 1



### COMITE D'ETHIQUE DE LA RECHERCHE

Toulouse,  
Le 15 décembre 2016

*A l'attention de*

*Dr Antoine ROUGET & Jérémie CASTANERA*

Lors de la séance du 15 décembre, le comité d'éthique de la recherche des Hôpitaux de Toulouse a examiné le projet d'étude prospective (n°01-1216), soumis le 17 novembre 2016 – «Comparaison de la mesure du débit cardiaque par les méthodes de thermodilution transpulmonaire et echodoppler transthoracique chez les patients de réanimation en état de choc et en fibrillation auriculaire » que vous lui avez soumis en tant qu'investigateur.

*Etaient présents* : Marie-Claude VALLEJO, Delphine ARAVIT, Nathalie NASR, Ségolène CLAEYSSENS, Vincent MEMIER, Chantal LAURENS, Philippe MARQUE, Véronique PAGOT-MATHIS, Anne-Charlotte MATHIS

**Après examen du dossier le comité émet un avis favorable à la mise en œuvre de cette recherche.**

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'assurance de ma considération distinguée.

**Dr Ségolène CLAEYSSENS**

*PH au Centre Régional d'Hémodialyse - URM BURPAN*

*Présidente du Comité d'Ethique de la Recherche*

*CHU de Toulouse*

*Tel direct : 05 61 77 68 26*

*Secrétariat : 05 61 77 68 03*

*Mail : claeysSENS.s@chu-toulouse.fr*

## ANNEXE 2

	n	Coefficient d'erreur (%)	précision
<b>ITV pré RV1</b>	30	5,83.	11,66
<b>ITV post RV1</b>	27	5,78.	11,56
<b>TDTP pré RV1</b>	30	5,49	10,98
<b>TDTP post RV1</b>	27	5,91	11,82
<b>ITV pré RV2</b>	10	7,37	14,74
<b>ITV_post_RV2</b>	7	9,67	19,34
<b>TDTP pré RV2</b>	10	7,19	14,38
<b>TDTP post RV2</b>	7	12,1	24,2

Soit un coefficient d'erreur moyen de 7,7%

La précision est de 14,83%. (14,35 % pour l'ETT et 15,34 % pour la TDTP)

## ANNEXE 3

### CONCORDANCE ENTRE DEBIT CARDIAQUE ESTIME ET DEBIT CARDIAQUE MESURE PAR ECHOGRAPHIE TRANSTHORACIQUE EN REANIMATION.

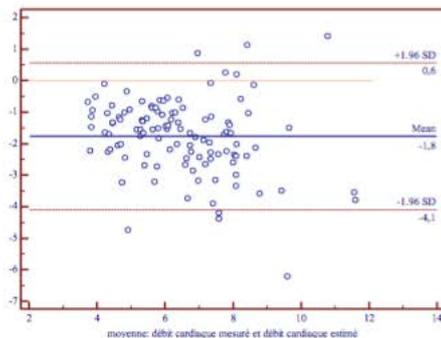
Virtos M, Vardon F, Rouget A, Seguin T, Crognier L, Conil JM, Riu B, Delmas C.

**Introduction :** La mesure du débit cardiaque est aujourd'hui un point clé de la prise en charge des patients de réanimation. Il n'existe aucune méthode idéale de monitoring de celui-ci(1). L'échocardiographie, outil non invasif et facilement disponible au lit du patient est très utilisé mais les limites relatives au terrain de la réanimation restent à définir. L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la concordance entre le débit cardiaque calculé à partir du dVAo mesuré (DC<sub>m</sub>) et le débit cardiaque calculé à partir de la formule d'estimation du diamètre de la valve Aortique (DC<sub>e</sub>) décrite par l'équipe de Leye et al (2).

**Méthode :** Cette étude observationnelle et prospective a inclus les patients de réanimation bénéficiant d'une évaluation hémodynamique non invasive. Une échographie transthoracique a été réalisée et les valeurs mesurées du dVAo et du débit cardiaque ont été comparées aux valeurs estimées par la formule (dVAo estimé =5,7 x BSA+ 12,1). La concordance était évaluée par un test de Bland et Altman.

#### Résultats :

Chez les 112 patients inclus, nous retrouvons une majorité d'hommes (70/112), un âge moyen de  $46 \pm 18$  ans, et un IGS II à  $43 \pm 17$ . Les données démographiques montrent des indices de masse corporelle (IMC) et une surface corporelle (SC) dans les limites de la normale (IMC=  $26 \pm 5,8\text{kg/m}^2$ , SC=  $1,89 \pm 0,23\text{m}^2$ ). Les valeurs mesurées de dVAo étaient statistiquement inférieures aux valeurs estimées avec dVAo<sub>mesuré</sub>  $2,02 \pm 0,18\text{cm}$  vs dVAo<sub>estimé</sub>  $2,30 \pm 0,13\text{cm}$  ( $p < 0,0001$ ). Le débit cardiaque mesuré était aussi inférieur au débit estimé avec DC<sub>m</sub>  $5,6 \pm 1,6\text{l/min}$  vs  $7,3 \pm 1,9\text{l/min}$  de DC<sub>e</sub> ( $p < 0,0001$ ) avec un biais de  $-1,8\text{l/min}$  et des limites de concordances comprises entre  $-4,1$  et  $+0,6\text{l/min}$  (figure 1).



**Figure1 :** Représentation graphique de Bland et Altman de la corrélation DC mesuré-DC estimé

#### Discussion :

La formule d'estimation du dVAo en fonction de la SC a été validée sur une population de patients de cardiologie avec une corrélation modeste ( $r=0,55$ ,  $p < 0,0001$ ) mais

intéressante dans l'évaluation d'une sténose aortique. En réanimation, les conditions de réalisation des examens échocardiographiques sont souvent difficiles (atteinte thoracique, ventilation mécanique invasive...), voir impossibles pour certaines mesures précises comme le dVAo. Il apparaît que même lorsque l'on pense la mesure du dVAo réalisable, elle est imprécise et tend probablement à le sous-estimer. Ainsi le débit cardiaque qui en est déduit, en est lui aussi sous-estimé amenant à mal classer un patient à l'échelle individuelle. Par contre quel que soit le dVAo utilisé (mesuré ou estimé), l'utilisation d'une même valeur au cours de l'évolution permettra d'assurer un suivi fiable des variations du débit cardiaque.

**Conclusion :**

La concordance entre les valeurs mesurées et estimées du dVAo et donc du DC en réanimation semble assez mauvaise : les données mesurées sous-estiment très probablement les valeurs réelles. Si la valeur du débit cardiaque reste difficile à chiffrer grâce à la méthode échocardiographique, ses variations peuvent par contre être suivies avec précision. Il faut donc rester fidèle à l'une des deux méthodes tout au long de son hospitalisation.

*Références :*

1. *Conférence d'actualisation de la SFAR 1996*
2. *J Am Soc Echocardiogr. 2009 May;22(5):445-51*

## **Comparaison de la mesure du débit cardiaque par les méthodes de thermodilution transpulmonaire et échocardiographie transthoracique chez les patients en état de choc et en fibrillation auriculaire**

---

### **RESUME EN FRANÇAIS :**

La mesure du débit cardiaque est un outil essentiel en réanimation. Si l'utilisation de l'échocardiographie transthoracique est clairement décrite chez les patients en fibrillation auriculaire, les études de validation de la thermodilution transpulmonaire ont largement exclu cette population. L'objectif de l'étude est de comparer les mesures du débit cardiaque et la capacité à suivre les variations de débit par la thermodilution transpulmonaire à l'échocardiographie transthoracique chez les patients ventilés de réanimation en fibrillation auriculaire. De manière prospective, 30 patients ventilés de réanimation en fibrillation auriculaire nécessitant un monitoring hémodynamique ont été inclus. Ils ont bénéficié de mesures simultanées du débit cardiaque par thermodilution transpulmonaire et échocardiographie transthoracique avant et après une expansion volémique si celle-ci était nécessaire. Soixante-quatorze paires de mesures ont été comparées. En valeur absolue, on retrouve une corrélation entre les deux méthodes de mesure ( $r= 0,769$  et  $p < 0,0001$ ), le biais moyen est à  $-0,7$  l/min, les limites de concordances sont à  $-2,9$  et  $1,6$  l/min et le pourcentage d'erreur à  $39,81\%$ . Trente-quatre paires de variations de débit ont été comparés. On ne retrouve pas de corrélation statistiquement significative entre les mesures de variation de débit cardiaque par thermodilution transpulmonaire et par échocardiographie transthoracique. Le biais moyen est à  $-0,19$  l/min, les limites de concordance sont à  $-1,82$  et  $1,43$ . Avec une zone d'exclusion de  $15\%$ , l'analyse du quadrant-plot retrouve un taux de concordance à  $78,6\%$ . Le polar plot révèle un angle polaire moyen sans exclusion de  $14,2^\circ$  avec un intervalle de confiance à  $95\%$  de  $-14,2^\circ$  à  $42,7^\circ$ .

En conclusion, chez 30 patients de réanimation ventilés en fibrillation auriculaire, la mesure du débit cardiaque par thermodilution transpulmonaire et échocardiographie transthoracique ne sont pas interchangeables.

---

**TITRE EN ANGLAIS :** Cardiac output measurement in critically ill patient with atrial fibrillation : a comparison between transpulmonary thermodilution and transthoracic echocardiography

---

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE :** Médecine spécialisée clinique

---

**MOTS-CLÉS :** Débit cardiaque, fibrillation auriculaire, thermodilution transpulmonaire, échocardiographie transthoracique, réanimation.

---

### **INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :**

Université Toulouse III-Paul Sabatier  
Faculté de médecine Toulouse-Purpan,  
37 Allées Jules Guesde 31000 Toulouse

---

**Directeur de thèse :** Dr Antoine ROUGET