



Faculté de médecine

Année 2019/2020

N°

Thèse

Pour le

DOCTORAT EN MÉDECINE

Diplôme d'État

Par

Maëva GOURRAUD

Née le 19/05/1992 à La Roche sur Yon (85)

ACCESSIBILITÉ CORONAIRES APRÈS UN REMPLACEMENT VALVULAIRE AORTIQUE PERCUTANÉ (TAVI)

Présentée et soutenue publiquement le 27 Octobre 2020 devant un jury composé de :

Président du Jury :

Professeur Dominique BABUTY, Cardiologie, Faculté de Médecine - Tours

Membres du Jury :

Professeur Denis ANGOULVANT, Cardiologie, Faculté de Médecine - Tours

Professeur Thierry BOURGUIGNON, Chirurgie thoracique et cardiovasculaire, Faculté de Médecine - Tours

Docteur Pierre MARCOLLET, Cardiologie, PH, CH - Bourges

Directeur de thèse : Docteur Christophe SAINT ETIENNE, Cardiologie, PH, Tours

UNIVERSITE DE TOURS
FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

DOYEN

Pr Patrice DIOT

VICE-DOYEN

Pr Henri MARRET

ASSESEURS

Pr Denis ANGOULVANT, *Pédagogie*

Pr Mathias BUCHLER, *Relations internationales*

Pr Theodora BEJAN-ANGOULVANT, *Moyens – relations avec l'Université*

Pr Clarisse DIBAO-DINA, *Médecine générale*

Pr François MAILLOT, *Formation Médicale Continue*

Pr Patrick VOURC'H, *Recherche*

RESPONSABLE ADMINISTRATIVE

Mme Fanny BOBLETER

DOYENS HONORAIRES

Pr Emile ARON (†) – 1962-1966

Directeur de l'Ecole de Médecine - 1947-1962

Pr Georges DESBUQUOIS (†) - 1966-1972

Pr André GOUAZE (†) - 1972-1994

Pr Jean-Claude ROLLAND – 1994-2004

Pr Dominique PERROTIN – 2004-2014

PROFESSEURS EMERITES

Pr Daniel ALISON

Pr Gilles BODY

Pr Jacques CHANDENIER

Pr Alain CHANTEPIE

Pr Philippe COLOMBAT

Pr Etienne DANQUECHIN-DORVAL

Pr Pascal DUMONT

Pr Dominique GOGA

Pr Gérard LORETTE

Pr Dominique PERROTIN

Pr Roland QUENTIN

PROFESSEURS HONORAIRES

P. ANTHONIOZ – P. ARBEILLE – A. AUDURIER – A. AUTRET – P. BAGROS – P. BARDOS – C. BARTHELEMY – J.L. BAULIEU – C. BERGER – JC. BESNARD – P. BEUTTER – C. BONNARD – P. BONNET – P. BOUGNOUX – P. BURDIN – L. CASTELLANI – B. CHARBONNIER – P. CHOUTET – T. CONSTANS – P. COSNAY – C. COUET – L. DE LA LANDE DE CALAN – J.P. FAUCHIER – F. FETISSOF – J. FUSCIARDI – P. GAILLARD – G. GINIES – A. GOUDEAU – J.L. GUILMOT – N. HUTEN – M. JAN – J.P. LAMAGNERE – F. LAMISSE – Y. LANSON – O. LE FLOCH – Y. LEBRANCHU – E. LECA – P. LECOMTE – AM. LEHR-DRYLEWICZ – E. LEMARIE – G. LEROY – M. MARCHAND – C. MAURAGE – C. MERCIER – J. MOLINE – C. MORAINÉ – J.P. MUH – J. MURAT – H. NIVET – L. POURCELOT – P. RAYNAUD – D. RICHARD-LENOBLE – A. ROBIER – J.C. ROLLAND – D. ROYERE – A. SAINDELLE – E. SALIBA – J.J. SANTINI – D. SAUVAGE – D. SIRINELLI – J. WEILL

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

ANDRES Christian.....	Biochimie et biologie moléculaire
ANGOULVANT Denis	Cardiologie
AUPART Michel.....	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
BABUTY Dominique	Cardiologie
BAKHOS David.....	Oto-rhino-laryngologie
BALLON Nicolas.....	Psychiatrie ; addictologie
BARILLOT Isabelle.....	Cancérologie ; radiothérapie
BARON Christophe	Immunologie
BEJAN-ANGOULVANT Théodora	Pharmacologie clinique
BERHOUEZ Julien	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BERNARD Anne	Cardiologie
BERNARD Louis	Maladies infectieuses et maladies tropicales
BLANCHARD-LAUMONNIER Emmanuelle	Biologie cellulaire
BLASCO Hélène.....	Biochimie et biologie moléculaire
BONNET-BRILHAULT Frédérique	Physiologie
BOURGUIGNON Thierry	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
BRILHAULT Jean.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BRUNEREAU Laurent.....	Radiologie et imagerie médicale
BRUYERE Franck.....	Urologie
BUCHLER Matthias.....	Néphrologie
CALAIS Gilles.....	Cancérologie, radiothérapie
CAMUS Vincent.....	Psychiatrie d'adultes
CORCIA Philippe.....	Neurologie
COTTIER Jean-Philippe	Radiologie et imagerie médicale
DE TOFFOL Bertrand.....	Neurologie
DEQUIN Pierre-François.....	Thérapeutique
DESOUBEAUX Guillaume.....	Parasitologie et mycologie
DESTRIEUX Christophe	Anatomie
DIOT Patrice.....	Pneumologie
DU BOUEXIC de PINIEUX Gonzague	Anatomie & cytologie pathologiques
DUCLUZEAU Pierre-Henri.....	Endocrinologie, diabétologie, et nutrition
EL HAGE Wissam.....	Psychiatrie adultes
EHRMANN Stephan	Médecine intensive – réanimation
FAUCHIER Laurent	Cardiologie
FAVARD Luc.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
FOUGERE Bertrand	Gériatrie
FOUQUET Bernard.....	Médecine physique et de réadaptation
FRANCOIS Patrick.....	Neurochirurgie
FROMONT-HANKARD Gaëlle	Anatomie & cytologie pathologiques
GAUDY-GRAFFIN Catherine.....	Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière
GOUPILLE Philippe	Rhumatologie
GRUEL Yves.....	Hématologie, transfusion
GUERIF Fabrice.....	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
GUILLOIN Antoine.....	Médecine intensive – réanimation
GUYETANT Serge	Anatomie et cytologie pathologiques
GYAN Emmanuel.....	Hématologie, transfusion
HAILLOT Olivier.....	Urologie
HALIMI Jean-Michel.....	Thérapeutique
HANKARD Régis.....	Pédiatrie
HERAULT Olivier	Hématologie, transfusion
HERBRETEAU Denis	Radiologie et imagerie médicale
HOURIOUX Christophe.....	Biologie cellulaire
LABARTHE François	Pédiatrie
LAFFON Marc	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale, médecine d'urgence
LARDY Hubert.....	Chirurgie infantile
LARIBI Saïd.....	Médecine d'urgence
LARTIGUE Marie-Frédérique	Bactériologie-virologie
LAURE Boris.....	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
LECOMTE Thierry.....	Gastroentérologie, hépatologie
LESCANNE Emmanuel.....	Oto-rhino-laryngologie
LINASSIER Claude	Cancérologie, radiothérapie
MACHET Laurent	Dermato-vénéréologie
MAILLOT François	Médecine interne
MARCHAND-ADAM Sylvain	Pneumologie

MARRET Henri	Gynécologie-obstétrique
MARUANI Annabel	Dermatologie-vénérologie
MEREGHETTI Laurent.....	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
MITANCHEZ Delphine	Pédiatrie
MORINIERE Sylvain.....	Oto-rhino-laryngologie
MOUSSATA Driffa	Gastro-entérologie
MULLEMAN Denis.....	Rhumatologie
ODENT Thierry.....	Chirurgie infantile
OUAISSI Mehdi	Chirurgie digestive
OULDAMER Lobna.....	Gynécologie-obstétrique
PAINTAUD Gilles	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
PATAT Frédéric	Biophysique et médecine nucléaire
PERROTIN Franck	Gynécologie-obstétrique
PISELLA Pierre-Jean.....	Ophtalmologie
PLANTIER Laurent.....	Physiologie
REMERAND Francis	Anesthésiologie et réanimation, médecine d'urgence
ROINGEARD Philippe.....	Biologie cellulaire
ROSSET Philippe.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
RUSCH Emmanuel.....	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
SAINT-MARTIN Pauline.....	Médecine légale et droit de la santé
SALAME Ephrem.....	Chirurgie digestive
SAMIMI Mahtab	Dermatologie-vénérologie
SANTIAGO-RIBEIRO Maria	Biophysique et médecine nucléaire
THOMAS-CASTELNAU Pierre	Pédiatrie
TOUTAIN Annick.....	Génétique
VAILLANT Loïc.....	Dermato-vénérologie
VELUT Stéphane.....	Anatomie
VOURC'H Patrick.....	Biochimie et biologie moléculaire
WATIER Hervé	Immunologie
ZEMMOURA Ilyess	Neurochirurgie

PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

DIBAO-DINA Clarisse
LEBEAU Jean-Pierre

PROFESSEURS ASSOCIES

MALLET Donatien Soins palliatifs || POTIER Alain | Médecine Générale |
| ROBERT Jean..... | Médecine Générale |

PROFESSEUR CERTIFIE DU 2ND DEGRE

MC CARTHY Catherine.....Anglais

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

AUDEMARD-VERGER Alexandra	Médecine interne
BARBIER Louise.....	Chirurgie digestive
BINET Aurélien	Chirurgie infantile
BRUNAUT Paul	Psychiatrie d'adultes, addictologie
CAILLE Agnès	Biostat., informatique médical et technologies de communication
CLEMENTY Nicolas	Cardiologie
DENIS Frédéric.....	Odontologie
DOMELIER Anne-Sophie	Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière
DUFOUR Diane	Biophysique et médecine nucléaire
ELKRIEF Laure.....	Hépatologie – gastroentérologie
FAVRAIS Géraldine	Pédiatrie
FOUQUET-BERGEMER Anne-Marie.....	Anatomie et cytologie pathologiques
GATAULT Philippe.....	Néphrologie
GOUILLEUX Valérie.....	Immunologie
GUILLOIN-GRAMMATICO Leslie.....	Epidémiologie, économie de la santé et prévention

HOARAU Cyrille	Immunologie
IVANES Fabrice	Physiologie
LE GUELLEC Chantal.....	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
LEFORT Bruno	Pédiatrie
LEGRAS Antoine.....	Chirurgie thoracique
LEMAIGNEN Adrien	Maladies infectieuses
MACHET Marie-Christine	Anatomie et cytologie pathologiques
MOREL Baptiste	Radiologie pédiatrique
PIVER Éric.....	Biochimie et biologie moléculaire
REROLLE Camille.....	Médecine légale
ROUMY Jérôme	Biophysique et médecine nucléaire
SAUTENET Bénédicte	Thérapeutique
TERNANT David.....	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
VUILLAUME-WINTER Marie-Laure.....	Génétique

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

AGUILLON-HERNANDEZ Nadia.....	Neurosciences
NICOGLLOU Antonine	Philosophie – histoire des sciences et des techniques
PATIENT Romuald.....	Biologie cellulaire
RENOUX-JACQUET Cécile	Médecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

BARBEAU Ludivine.....	Médecine Générale
RUIZ Christophe.....	Médecine Générale
SAMKO Boris.....	Médecine Générale

CHERCHEURS INSERM - CNRS - INRA

BOUAKAZ Ayache	Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM 1253
CHALON Sylvie	Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM 1253
COURTY Yves	Chargé de Recherche CNRS – UMR INSERM 1100
DE ROCQUIGNY Hugues	Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1259
ESCOFFRE Jean-Michel.....	Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1253
GILLOT Philippe.....	Chargé de Recherche INRA – UMR INRA 1282
GOUILLEUX Fabrice	Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 7001
GOMOT Marie.....	Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 1253
HEUZE-VOURCH Nathalie.....	Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100
KORKMAZ Brice.....	Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100
LAUMONNIER Frédéric	Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1253
MAZURIER Frédéric.....	Directeur de Recherche INSERM – UMR CNRS 7001
MEUNIER Jean-Christophe	Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1259
PAGET Christophe	Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100
RAOUL William	Chargé de Recherche INSERM – UMR CNRS 7001
SI TAHAR Mustapha	Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100
WARDAK Claire.....	Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 1253

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Pour l'Ecole d'Orthophonie

DELORE Claire	Orthophoniste
GOUIN Jean-Marie.....	Praticien Hospitalier

Pour l'Ecole d'Orthoptie

MAJZOUB Samuel.....	Praticien Hospitalier
---------------------	-----------------------

Pour l'Ethique Médicale

BIRMELE Béatrice.....	Praticien Hospitalier
-----------------------	-----------------------

SERMENT D'HIPPOCRATE

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

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

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

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

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

Remerciements

Aux membres du jury :

- **A mon maître et président du jury, Monsieur le Professeur BABUTY.**
Vous me faites l'honneur de présider ma thèse et de juger mon travail. Merci pour votre enseignement toujours juste. J'ai eu le plaisir d'apprendre la cardiologie à vos côtés. Merci de votre disponibilité et de votre soutien pendant mon internat. C'est grâce à vous si je deviens aujourd'hui cardiologue.
- **A mon maître et directeur de thèse, Monsieur le Docteur SAINT ETIENNE.**
Merci d'avoir dirigé ce travail. En espérant avoir été à la hauteur de tes attentes. Tes compétences dans le domaine de la cardiologie interventionnelle ne sont plus à prouver. J'espère pouvoir apprendre à tes côtés dans le futur.
- **A mon maître et juge, Monsieur le Professeur ANGOULVANT.**
C'est un honneur de vous compter parmi mon jury. Merci de m'avoir accompagné pour mon mémoire de DES. Merci pour votre disponibilité, votre gentillesse et votre enseignement pendant ce dernier semestre en USCI. J'espère pouvoir revenir travailler à vos côtés.
- **A mon maître et juge, Monsieur le Professeur BOURGUIGNON.**
Merci d'avoir accepté de juger mon travail et d'en apporter l'expertise de la chirurgie cardiaque. Merci de votre disponibilité en cardiologie au quotidien.
- **A mon maître et juge, Monsieur le Docteur MARCOLLET.**
Merci de faire partie de mon jury et de juger mon travail, de m'avoir fait confiance à mes tous débuts d'internat et de m'avoir initié à la coronarographie.

Aux médecins que j'ai rencontré tout au long de mon internat :

- Au Professeur Laurent FAUCHIER, merci pour votre enseignement avec rigueur depuis le premier jour de l'internat. C'est un honneur d'avoir pu apprendre à vos côtés notamment lors des visites du mercredi.
- Aux Docteurs Jean-Michel CLERC et Fabrice IVANES, pour votre grande gentillesse avec moi, votre disponibilité et votre pédagogie en salle de coronarographie.
- Aux Docteurs Laurent QUILLET et Gérard PACOURET, pour votre rigueur et vos compétences. Vous êtes des exemples pour les futurs médecins.
- Aux Docteurs Anne BERNARD et Fanny DION avec qui je n'ai pas eu l'occasion de travailler en échographie mais qui ont toujours été bienveillantes avec moi.
- Au Docteur Nicolas CLEMENTY pour ta passion de la rythmologie et ton envie de la transmettre (même tôt le jeudi matin). Aux Docteurs Bertrand PIERRE pour votre enseignement lors des contre-visites du 5^{ème}. A mes chefs Arnaud BISSON et Alexandre BODIN, pour leur présence quotidienne pendant 7 mois au 5^{ème} et pour m'avoir permis de progresser en rythmologie (promis, désormais je dirais toujours que c'est un flutter atrial avant de penser à la tachycardie atriale).
- Au Docteur Carl SEMAAN, pour ta pédagogie sans faille depuis le premier jour où l'on s'est rencontré à Bourges et pour ton soutien autant professionnel que personnel. Merci d'être là. Tu es devenu un vrai ami.

- Aux Docteurs Thibaud GENET et Walid DARWICHE pour votre gentillesse pendant ce dernier semestre d'USCI, vos précieux conseils avant de devenir chef et votre confiance. J'espère pouvoir retravailler à vos côtés.
- Au Docteur Cécile CAZE, pour m'avoir prouvé que les femmes pouvaient être d'excellentes cardiologues et pour toutes ces gardes au CHU avec toi dont je garderai toujours un excellent souvenir.
- A la médecine intensive réanimation de Tours : merci pour ce semestre. Aux Professeurs DEQUIN et EHRMANN merci de votre confiance pour le clinicat en novembre. J'espère ne pas vous décevoir. Aux Docteurs Emmanuelle MERCIER pour ta gentillesse infinie et tes précieux conseils, Denis GAROT pour ton humour et ton calme dans toutes les situations, Charlotte SALMON pour ta bonne humeur constante, Antoine GUYON pour ta pédagogie et Laetitia BODET-CONTENTIN pour ton enseignement. Au Docteur Annick LEGRAS pour votre rigueur et votre sens clinique inégalable. A ma jeune chef Marlène MORISSEAU pour toutes ces gardes mémorables gérées avec calme. A mon jeune chef Yonatan PEREZ pour ta rigueur et ton sens du détail.
- A l'équipe médicale du CH de Blois. Au Docteur Régis DETURCK, un médecin comme il en existe peu aujourd'hui, qui a été le plus grand exemple lors de mes débuts d'internat et encore aujourd'hui. Vous avez bien mérité votre retraite dans le Nord. Au Docteur Marc LANG, merci de votre grande confiance dès le deuxième semestre et de votre enseignement. Au Docteur Bruno GARCIA pour ta disponibilité pendant mon semestre à Blois et à nos fameuses relèves de gardes 1 jour sur 2 pendant l'été 2017. Au Docteur Franck PETITJEAN, pour tes explications en rythmologie dont seul toi a le secret.
- A l'équipe médicale du CH de Bourges. Au Docteur Adi ISSA pour m'avoir appris votre sens clinique, votre efficacité si légendaire et votre empathie envers les patients. Au Docteur Isabelle HEURTEBISE, pour ta bienveillance et ta patience avec moi en rythmologie. Au Docteur Thierry DECHERY, pour ton humour et ta gentillesse en salle de coronarographie.
- A toute l'équipe médicale du service de Réanimation médicale à Chartres. Merci pour ce semestre.

Merci à toutes les équipes paramédicales et les secrétaires que j'ai côtoyé durant mon internat : cardiologie Orléans, cardiologie Blois (particulièrement Maud, Cécile et Florence vous me manquez), la réa de Chartres, Bourges dont l'équipe d'USCI, d'échographie et de coronarographie, en MIR à Tours (dont Adrien devenu un ami), la cardiologie du 5^{ème} étage et bien sur l'USCI Tours et l'équipe de coronarographie qui seraient beaucoup trop nombreux à citer mais avec qui j'ai hâte de retravailler.

A mes co-internes : Pascal pour ce premier semestre à Orléans (et tes têtes des lendemains de soirées gravées dans ma mémoire), Amélie et ce semestre improbable dans le Berry (on aura survécu !), Léa et notre duo cardio-anesthésie en réanimation qui me manque tant, Charlotte Larrat (bientôt co-chefs !), Mathieu Nasarre pour ta grande gentillesse qui te caractérise, Mathieu Jacobs qui gère déjà comme un grand mais que je considérerais toujours comme premier semestre (désolé !), Abdé et Hélène en réa à Chartres, Alexandre C et Vincent pour votre bonne humeur à Orléans, Karole et Justine en réa à Tours, et tous les autres.

Et bien sûr à Thibault Leprat pour avoir eu le courage de me supporter pendant 4 semestres sur 8, pour ton soutien pendant ces longues journées au CHU et lors de la préparation du mémoire et de la thèse (c'est enfin la fin !). Tu seras un excellent cardiologue même si parfois tu en doutes. Tu vas me manquer.

Au Docteur MARTIN, médecin généraliste de campagne comme il en existe plus beaucoup aujourd'hui. Merci de m'avoir donné le goût à la médecine dès l'enfance.

A Émilie et Clément sans qui l'externat n'aurait jamais été possible.

A mes amies d'enfance depuis la primaire, Hélène, Marie et Marine, toujours présentes dans les bons comme dans les mauvais moments.

A mes parents, merci pour l'éducation et les valeurs que vous m'avez transmises. Désolé de ne pas avoir été aussi souvent présente que vous ne l'auriez désiré. Merci de votre soutien depuis le premier jour de la première année de médecine. J'espère ne pas vous décevoir.

A mon frère Samuel, à ma belle-sœur Elodie, et à mes deux amours Matéo et Tilio que je ne vois pas assez grandir.

Et à Bérenger sans qui je n'imagine désormais pas le futur, merci pour ton soutien au quotidien.

Résumé

Objectif. Les prothèses aortiques implantées par voie percutanée (TAVI) bénéficient à des patients de plus en plus jeunes en raison de l'extension des indications. L'accessibilité aux coronaires après TAVI peut se révéler techniquement difficile. L'objectif de ce travail est d'étudier la faisabilité d'une coronarographie et/ou d'une angioplastie post-TAVI et de comparer les différences entre les 2 principaux types de prothèses Corevalve (MEDTRONIC) et Sapien (EDWARDS).

Matériels et méthodes. De 2009 à 2020, nous avons réalisé une étude observationnelle multicentrique (6 centres français) rétrospective en regroupant tous les patients porteurs d'un TAVI ayant bénéficié d'une coronarographie et/ou d'une angioplastie. 143 procédures ont pu être analysées chez 120 patients dont 67 procédures avec une prothèse Sapien et 76 procédures avec une prothèse Corevalve.

Résultats. L'angiographie des coronaires gauche et droite ont été respectivement possibles dans 95,7% et 85,6% des cas avec une différence statistiquement significative ($p=0,013$). En comparant les coronarographies avant et après TAVI avec la prothèse Corevalve, nous retrouvons une cathétérisation sélective des coronaires gauche et droite plus difficile ($p<0,0001$ et $p<0,001$), des temps de scopie et de procédure augmentés (respectivement 7,96min vs 14,16min ($p<0,001$) et 30,6min vs 37,59min ($p=0,035$)). L'analyse des procédures avec les prothèses Sapien ne montrait pas de différence significative sur ces critères. Nous retrouvons une utilisation majoritaire des cathéters type Judkins pour les deux types de prothèses.

Conclusion. L'accessibilité aux coronaires semble techniquement plus difficile après implantation d'un TAVI avec prothèse Corevalve. Le développement d'outils dédiés et de techniques spécifiques pourrait permettre de simplifier ces procédures.

Mots clés : angiographie coronaire, coronarographie, coronaropathie, TAVI, implantation valve aortique percutanée, remplacement valvulaire aortique percutané.

Abstract : Coronary accessibility after transcatheter aortic valve replacement

Background. Transcatheter aortic valve implantation (TAVI) are being implanted in younger patients because of extension of indications. Access to coronary arteries after TAVI can be technically difficult. The objective of this study is to assess feasibility of coronary angiography and/or angioplasty post-TAVI and to compare the differences between the two main types of prostheses (Corevalve of MEDTRONIC and Sapien of EDWARDS).

Methods. From 2009 to 2020, we carried out an observational retrospective multicenter study (6 French centers) by collecting all patients with TAVI who had undergone coronary angiography and/or angioplasty. 143 procedures were analyzed in 120 patients, including 67 procedures with a Sapien prosthesis and 76 procedures with a Corevalve prosthesis.

Results. Angiography of left and right coronaries were respectively possible in 95.7% and 85.6% of cases with a significant difference ($p=0.013$). By comparing the coronary angiography before and after TAVI, we found a selective catheterization of the left and right coronaries more difficult ($p<0.001$ and $p<0.001$), with increased fluoroscopy and procedure times (respectively 8 vs. 14.2 min, $p<0.001$ and 30.6 vs. 37.6 min, $p=0.035$) with the Corevalve prosthesis. On the contrary, the analysis of angiography coronary with Sapien prostheses showed no significant difference in these criteria. There was a majority of use of Judkins catheters.

Conclusion. Coronary accessibility seems technically more difficult after implantation of a TAVR with the Corevalve prosthesis. The development of specific techniques/devices is needed to simplify those procedures.

Keywords : aortic stenosis, coronary angiography, coronary artery disease, percutaneous coronary intervention, TAVR, transcatheter aortic valve replacement, TAVI, transcatheter aortic valve implantation

Table des matières

1. INTRODUCTION	15
1.1 LE RETRECISSEMENT AORTIQUE	15
1.1.1 <i>Épidémiologie</i>	15
1.1.2 <i>Anatomie valvulaire</i>	15
1.1.3 <i>Physiopathologie</i>	16
1.1.4 <i>Diagnostic</i>	17
1.2 STRATEGIES THERAPEUTIQUES	18
1.2.1 <i>Généralités</i>	18
1.2.2 <i>La valvuloplastie aortique au ballon</i>	18
1.2.3 <i>Le remplacement valvulaire par voie percutanée : TAVI</i>	18
1.2.4 <i>Évaluation des patients</i>	19
1.2.5 <i>Prise en charge en fonction du risque chirurgical</i>	19
1.2.6 <i>Dégénérescence des bioprothèse aortiques</i>	21
1.2.7 <i>Recommandations actuelles</i>	21
1.3 PROTHESES AORTIQUES	23
1.3.1 <i>Généralités</i>	23
1.3.2 <i>Types de prothèses</i>	23
1.3.3 <i>Choix de la prothèse</i>	25
1.3.4 <i>Accès aux coronaires</i>	25
1.4 LA PROCEDURE TAVI	30
1.5 LES CATHETERS DE CORONAROGRAPHIE	32
1.6 COMPLICATIONS DU TAVI	33
1.7 CARDIOPATHIE ISCHEMIQUE ET STENOSE AORTIQUE	35
1.7.1 <i>Impact clinique de la revascularisation</i>	35
1.7.2 <i>Qui revasculariser ?</i>	36
1.7.3 <i>Quand revasculariser ?</i>	37
2. OBJECTIF	38
3. MATERIEL ET METHODES	39
3.1 DONNEES	39
3.2 ANALYSES STATISTIQUES	40
4. RESULTATS	41
4.1 CARACTERISTIQUES DES PATIENTS	41
4.2 INDICATIONS CORONAROGRAPHIES ET DELAI TAVI-CORONAROGRAPHIE	41
4.3 VOIES D'ABORDS	42
4.4 ACCESSIBILITE CORONAIRES TOUTES PROTHESES CONFONDUES	42
4.5 COMPARAISON CORONAROGRAPHIE AVANT ET APRES TAVI POUR LES PROTHESES EDWARDS	42
4.6 COMPARAISON CORONAROGRAPHIE AVANT ET APRES TAVI POUR PROTHESES MEDTRONIC	43
4.7 TYPES ET TAILLES DES CATHETERS	44
4.8 TAILLES DES PROTHESES	44
4.9 TECHNIQUE MOTHER AND CHILD	44

4.10	ANGIOPLASTIES.....	44
5.	DISCUSSION	46
6.	CONCLUSION.....	50
7.	BIBLIOGRAPHIE.....	51
8.	ANNEXES.....	57
	TABLEAU 1 : REPARTITIONS DU NOMBRE DE PROTHESES, DE LEUR TYPE ET DE LEUR TAILLE POUR LES PROCEDURES DE CHACUN DES 6 CENTRES.	57
	TABLEAU 2 : CARACTERISTIQUES DE BASE DES PATIENTS ET COMPARAISON ENTRE LES PATIENTS AVEC PROTHESES EDWARDS ET PATIENTS AVEC PROTHESES MEDTRONIC	58
	TABLEAU 3 : INDICATIONS DES PROCEDURES POST-TAVI ET COMPARAISON ENTRE PROCEDURES AVEC PROTHESES EDWARDS ET PROCEDURES AVEC PROTHESES MEDTRONIC ..	58
	TABLEAU 4 : COMPARAISON DES PROCEDURES PRE ET POST-TAVI POUR LES PROTHESES EDWARDS.....	59
	TABLEAU 5 : COMPARAISON DES PROCEDURES PRE ET POST-TAVI POUR LES PROTHESES MEDTRONIC	60
	GRAPHIQUE 1 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DU TEST D'APPARIEMENT DES TEMPS DE SCOPIE DES PROCEDURES AVANT ET APRES TAVI POUR LES PROTHESES EDWARDS	61
	GRAPHIQUE 2 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DU TEST D'APPARIEMENT DES TEMPS DE SCOPIE DES PROCEDURES AVANT ET APRES TAVI POUR LES PROTHESES MEDTRONIC	61
	TABLEAU 6 : DETAILS DES TYPES ET TAILLES DE CATHETERS UTILISES LORS DES PROCEDURES POST-TAVI POUR LES PROTHESES EDWARDS ET MEDTRONIC	62

Abréviations

AVC : Accident vasculaire cérébral

AOMI : Artériopathie Oblitérante des Membres Inférieurs

ESC : European Society of Cardiology

FEVG : Fraction d'Éjection Ventriculaire Gauche

HTA : Hypertension Artérielle

IMC : Index de Masse Corporel

NSTEMI : Non-ST elevation myocardial infarction (infarctus du myocarde sans élévation du segment ST)

PAC : Pontage aorto-coronarien

STEMI : ST elevation myocardial infarction (infarctus du myocarde avec élévation du segment ST)

TAVI : Transcatheter Aortic Valve Implantation

1. Introduction

1.1 Le rétrécissement aortique

1.1.1 Épidémiologie

Le rétrécissement aortique est la principale valvulopathie en France. L'origine dégénérative ou maladie de Monckeberg est l'étiologie la plus fréquente dans les pays développés. Les anomalies congénitales sont moins fréquentes et surtout représentées par la bicuspidie aortique (1 à 2% de la population). Les maladies inflammatoires sont plus rares avec principalement l'atteinte rhumatismale, en décroissance depuis la prévention systématique du rhumatisme articulaire aigu lors des infections streptococciques¹.

Les études épidémiologiques estiment la prévalence du rétrécissement aortique de 0,2% entre 50 et 59 ans, 2,8% après 75 ans et jusqu'à 9,8% après 85 ans². Dans les cinquantes prochaines années, il pourrait être observé une multiplication du nombre de rétrécissement aortique due au vieillissement de la population³.

1.1.2 Anatomie valvulaire

La valve aortique est une valve tricuspide composée de trois cuspidés appelées également feuillets ou sigmoïdes (cusp antéro-gauche, cusp antéro-droite et cusp non coronaire) séparées par des commissures. Elle est maintenue par un anneau aortique fibreux. Sa surface normale est d'environ 3,4 cm². Elle permet l'éjection systolique systémique tout en assurant l'étanchéité de l'orifice aortique en diastole.

La valve aortique s'intègre dans une structure anatomique appelée racine aortique formant la jonction entre le ventricule gauche et l'aorte ascendante. La racine aortique s'étend de l'attache basale des cuspidés dans le ventricule gauche jusqu'à leur attache distale à hauteur de la jonction sino-tubulaire. La racine aortique est assimilée à un cylindre avec 3 anneaux circulaires de bas en haut : l'anneau aortique avec les 3 attaches basales des cuspidés, la jonction ventriculo-aortique et la jonction sino-tubulaire. Les cuspidés sont attachées sur toute la hauteur de la racine aortique se rejoignant au sommet aux niveaux des commissures⁴ (Figure 1). Deux des trois cuspidés donnent naissance aux artères coronaires via deux ostia coronaires (ostium coronaire droit et ostium coronaire gauche).

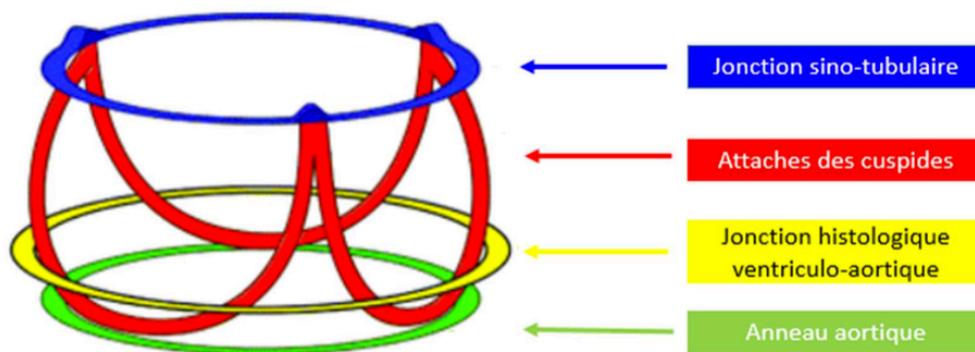


Figure 1. Modèle tridimensionnel de la racine aortique, d'après Piazza et al. (2008)

1.1.3 Physiopathologie

L'apparition des lésions valvulaires diffère selon l'étiologie. Dans le cas du rétrécissement aortique calcifié dégénératif, il se forme en premier lieu une sclérose aortique correspondant au remaniement des feuillets valvulaires avec dépôts d'hydroxyapatite (Figure 2). Comme dans l'athérosclérose, ceci débute par l'effraction de l'endothélium valvulaire à l'origine d'une accumulation de lipides circulants puis d'une réaction inflammatoire et d'une fibrose tissulaire et enfin d'une calcification des myofibroblastes. Les cusps deviennent alors rigides et l'orifice valvulaire aortique diminue progressivement, réalisant une résistance à l'éjection ventriculaire gauche avec plusieurs conséquences : un gradient de pression

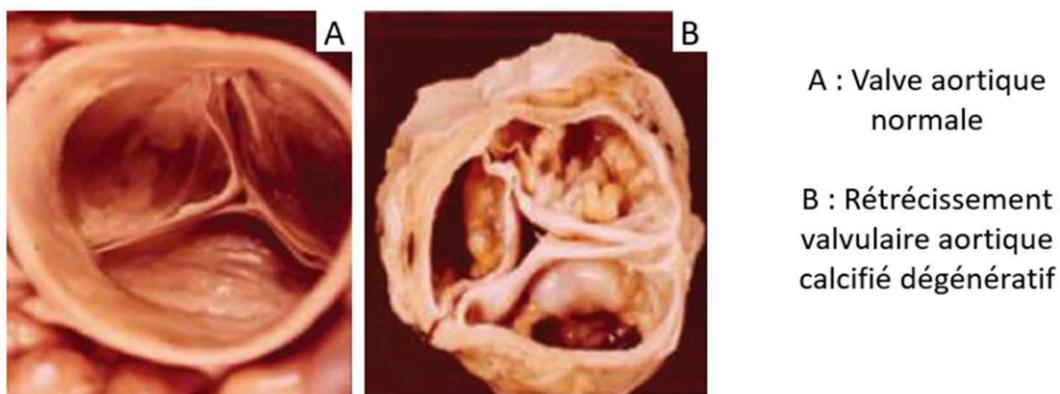


Figure 2. Vues macroscopiques : valve aortique native (A) versus valve aortique rétrécie d'origine dégénérative (B), d'après Lawrie GM et al. (2012)

ventriculo-aortique, une hypertrophie pariétale et une dysfonction diastolique. Les calcifications peuvent également s'étendre vers l'anneau mitral et le septum inter-ventriculaire.

1.1.4 Diagnostic

Les patients étant asymptomatiques au stade de sclérose aortique, l'évolution progressive de la maladie engendre au fil des années une symptomatologie liée à l'effort avec angor, syncope et dyspnée. L'apparition des symptômes marque un tournant dans l'évolution de la maladie. L'angor résulte d'une inadéquation entre des besoins augmentés en oxygène du myocarde et des apports restant stables.

L'accélération de la vitesse du flux à travers l'orifice valvulaire rétréci engendre un souffle systolique caractéristique décrit comme rude, râpeux et irradiant aux carotides. L'abolition de B2 signe son caractère serré.

La confirmation du diagnostic est habituellement apportée par l'échographie cardiaque trans-thoracique. La Société Européenne de Cardiologie retient pour critères diagnostiques de rétrécissement aortique serré³ :

- Surface valvulaire aortique $< 1\text{cm}^2$ ou $0,6\text{cm}^2/\text{m}^2$
- Gradient moyen trans-valvulaire aortique $\geq 40\text{mmHg}$
- Vitesse maximale trans-valvulaire $\geq 4\text{m/s}$
- Index de perméabilité $< 0,25$

Une fois devenu symptomatique, le pronostic est sombre avec une mortalité de plus de 50% à 2 ans et plus de 80% à 5 ans⁵ et est associé à de nombreuses complications dont la dysfonction ventriculaire gauche.

1.2 Stratégies thérapeutiques

1.2.1 Généralités

Il n'existe à ce jour aucun traitement médical n'ayant fait ses preuves dans le traitement de la sténose aortique. En 2008, un traitement par statine associé à de l'ézétimibe a été étudié mais n'a pas retrouvé de bénéfice sur l'évolution naturelle de la pathologie⁶. Le seul traitement curatif possible de la sténose aortique est une intervention sur la valve aortique. Elle est justifiée lorsqu'un patient présente une sténose aortique sévère symptomatique (recommandations ESC 2017, classe IB)³. Elle peut également être envisagée dans d'autres circonstances³ : sténose aortique sévère asymptomatique avec altération de la FEVG < 50% ou diminution de la capacité à l'effort, sténose aortique très sévère asymptomatique, sténose aortique sévère bas débit/bas gradient et FEVG altérée.

Le remplacement valvulaire aortique chirurgical était auparavant le seul traitement possible. Cependant dans les années 2000, 30% des patients ne sont pas opérés en raison d'un risque opératoire trop important en rapport avec leurs comorbidités et/ou un âge avancé⁷.

1.2.2 La valvuloplastie aortique au ballon

La dilatation aortique percutanée au ballon fut le premier traitement non chirurgical inventé par le Professeur Cribier au CHU de Rouen dans les années 1980. Malheureusement, le bénéfice initial obtenu sur des milliers de patients jugés inopérables par chirurgie conventionnelle s'est avéré ne pas être pérenne dans le temps avec une resténose valvulaire quasi constante à moyen terme⁸. Elle ne représente donc pas une alternative légitime à la chirurgie cardiaque. Cependant, la technique reste intéressante dans des situations d'attente de prise en charge invasive ou dans les cas de contre-indication temporaire à l'implantation d'une prothèse.

1.2.3 Le remplacement valvulaire par voie percutanée : TAVI

Ces dernières années, l'émergence du remplacement valvulaire aortique percutané (TAVI) a complètement révolutionné le traitement du rétrécissement aortique serré. C'est en

2002 que le Professeur Cribier implante la toute première valve percutanée expansible au ballon⁹ mais la procédure ne s'est réellement développé qu'à partir de 2007.

Initialement réservé aux patients contre-indiqués à une chirurgie ou jugés à haut risque chirurgical, nous avons pu observer une extension du TAVI chez les patients à haut risque puis à risque intermédiaire grâce aux études cliniques randomisées, l'amélioration de la technique et l'expérience des opérateurs.

En 2018, la France dénombre 53 centres ayant l'autorisation de pratiquer le remplacement valvulaire par voie percutanée. Un total de 26 947 TAVI ont été implantés entre 2015 et 2017.

En 2019, le CHRU de Tours a réalisé plus de 300 procédures.

1.2.4 Évaluation des patients

Au quotidien, il convient d'évaluer le risque chirurgical de tout patient avant d'envisager une chirurgie cardiaque. 2 scores prenant en compte principalement les antécédents et les symptômes des patients ont montré leur preuve : l'Euroscore II¹⁰ et le STS-score¹¹. Ils permettent de juger le risque de décès dans les 30 jours suivant l'intervention.

Le STS-score est celui le plus utilisé dans les essais portant sur le TAVI. Les patients sont divisés en 3 catégories : haut risque opératoire si STS-score > 8%, risque opératoire intermédiaire si STS-score compris entre 4 et 8%, risque opératoire faible si STS-score < 4% (patients les plus nombreux).

1.2.5 Prise en charge en fonction du risque chirurgical

Haut risque chirurgical ou patients contre-indiqués à une chirurgie

Les premières études portant sur l'efficacité du TAVI ciblaient uniquement les patients contre-indiqués à une chirurgie ou à haut risque chirurgical.

Les études PARTNER 1A en 2010 et 1B en 2012^{12,13} portant sur la valve Sapien d'Edwards ont montré la supériorité en terme de mortalité à court et à long terme (jusqu'à 5 ans de suivi) par rapport au traitement médical et ont montré un taux comparable de mortalité en comparaison avec la chirurgie conventionnelle.

L'étude américaine US COREVALVE publiée en 2014^{14,15} évaluant la valve Corevalve de Medtronic a démontré une diminution significative de la mortalité chez les patients à haut risque chirurgical par rapport à la chirurgie conventionnelle.

Le taux de STS-score étant plus élevé pour la Sapien (11,8%) que pour la Corevalve (7,5%). L'efficacité et l'innocuité des deux types de valves dans cette population ont également été prouvés dans la vie réelle^{16,17}.

Risque chirurgical intermédiaire

Les études PARTNER 2^{18,19} et SURTAVI²⁰ ont portées sur des patients à risque intermédiaire avec respectivement un STS-score de 5,8% et 4,5%. PARTNER 2¹⁸ ne montre pas de différence significative sur le critère principal composite (décès toutes causes et AVC invalidants), sur l'amélioration fonctionnelle et sur la qualité de vie après 5 ans de suivi. L'hémodynamique valvulaire était similaire mais il est noté une incidence plus élevée de régurgitation aortique dans le groupe TAVI. En comparant uniquement les patients bénéficiant d'un TAVI par voie trans-fémorale aux patients chirurgicaux, la mortalité à deux ans était significativement inférieure dans le bras TAVI (p=0,05).

Risque chirurgical faible

Il y a quelques années, le TAVI n'était pas une option envisageable chez les patients à faible risque chirurgical. Cependant, certaines études ont offert la possibilité d'étendre les indications du TAVI à cette population.

L'étude NOTION²¹ en 2015 avec un suivi sur 5 ans montre une non-infériorité du TAVI sur le critère de jugement principal (mortalité toutes causes, AVC, infarctus du myocarde à 1 an) en comparaison avec la chirurgie (13,1% vs 16,3%, p=0,43).

Les études PARTNER 3²² et EVOLUTE-R²³ ont montré la non-infériorité du TAVI par rapport à la chirurgie sur un critère principal composite incluant décès toutes causes et AVC. Dans l'étude PARTNER 3, on note même une supériorité du TAVI par rapport à la chirurgie (8,5% versus 15,1%, p=0,001).

Une méta-analyse d'essais comparatifs randomisés a été publiée en 2019²⁴ observant un taux significativement plus faible de mortalité toutes causes confondues et de décès cardiovasculaires à 1 an dans le groupe TAVI chez les patients à bas risque chirurgical.

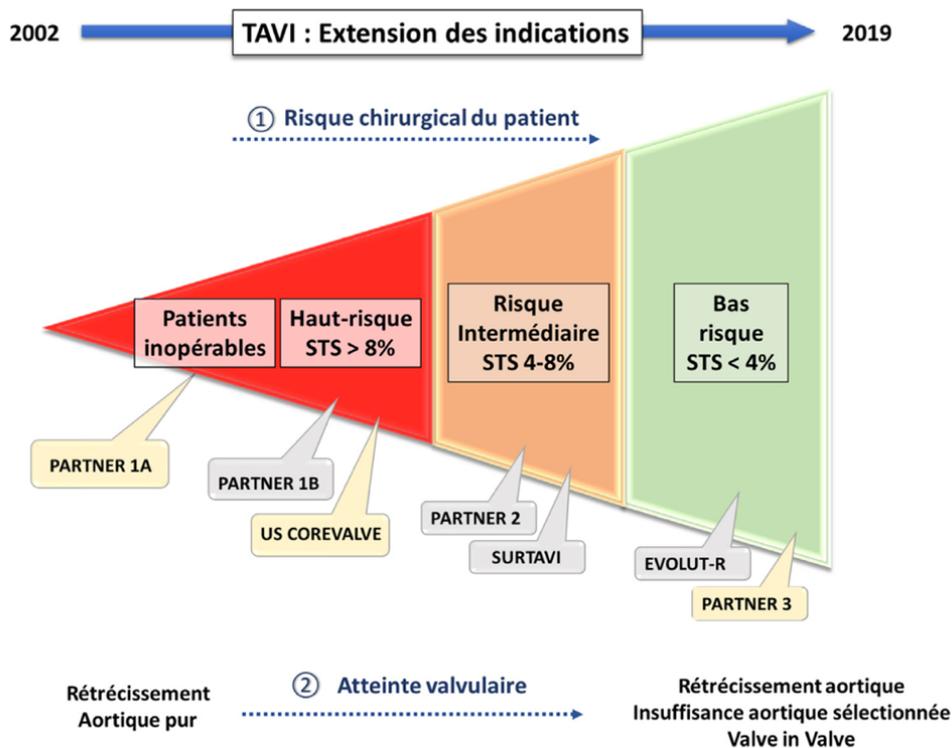


Figure 3. Évolution chronologique des indications du remplacement valvulaire aortique percutané et les études randomisées correspondantes. Les bulles jaunes représentent les études où le TAVI a été démontré supérieur par rapport à la chirurgie. Les bulles grises représentent les études où le TAVI a été démontré non-inférieur par rapport à la chirurgie, d'après G. Cayla et al. (2019)

1.2.6 Dégénérescence des bioprothèse aortiques

Situation de plus en plus fréquente, la dégénérescence de bioprothèse aortique est également une bonne indication au TAVI avec la procédure dite *valve-in-valve*. Compte tenu de l'âge souvent avancé des patients et du risque opératoire élevé du fait de l'antécédent de chirurgie cardiaque, l'approche percutanée offre des résultats encourageants^{25,26} avec cependant une approche plus complexe.

1.2.7 Recommandations actuelles

Compte tenu des études récentes, la société européenne de cardiologie a publié en 2017³ des nouvelles recommandations en favorisant l'approche d'un remplacement valvulaire

aortique percutané plutôt que chirurgical chez tout patient jugé inopérable ou à haut risque chirurgical après discussion de la Heart Team (grade 1B). Le TAVI doit également être considéré chez les patients à risque chirurgical intermédiaire (STS-score $\geq 4\%$) et un âge ≥ 75 ans. Le remplacement chirurgical conventionnel reste la référence pour les patients à bas risque chirurgical. Cependant, les recommandations ont été réalisées avant la sortie des études précédemment décrites.

1.3 Prothèses aortiques

1.3.1 Généralités

Plusieurs prothèses sont disponibles actuellement sur le marché du TAVI (Figure 4). Les prothèses utilisées initialement en 2002 ont été optimisées afin d'améliorer les résultats finaux. Ce sont des valves biologiques faites de trois feuillets de péricarde bovin (SAPIEN) ou porcine (COREVALVE, ACURATE TA, JENAVALVE) montées dans une armature métallique analogue à celles des endoprothèses vasculaires. Elles s'ancrent sur l'anneau aortique sans nécessité de suture et déplacent les feuillets valvulaires natifs en dehors.

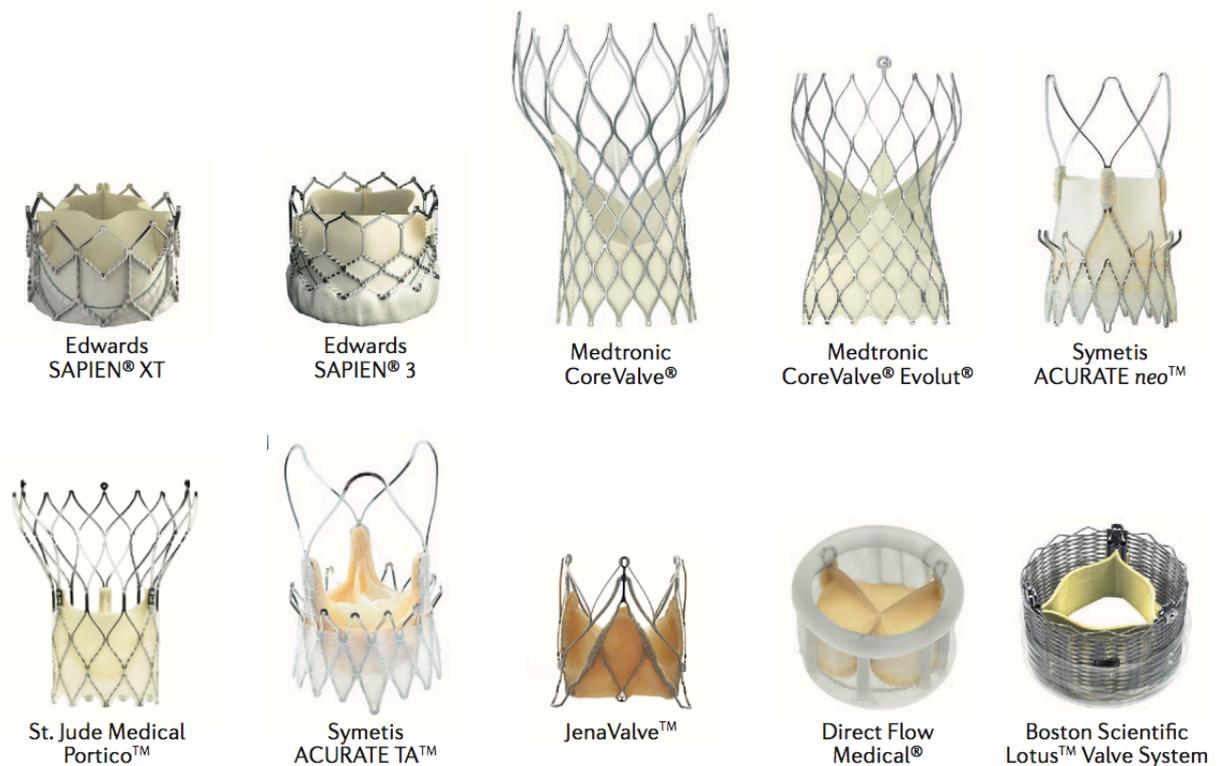


Figure 4. Les différents types de valves aortiques implantables, d'après Arsalan (2016).

1.3.2 Types de prothèses

Il existe 2 grandes catégories de prothèses différentes dans leur conception : les valves montées sur ballon (valve EDWARDS SAPIEN et son évolution progressive vers la valve

dernière génération SAPIEN 3) et les valves auto-expansibles (COREVALVE en 2004 puis les valves EVOLUT-R puis EVOLUT-PRO et ACURATE).

La valve Sapien nécessite un gonflage par ballon pour se déployer. Elle est composée d'un stent radio-opaque en alliage cobalt-chrome. Sa hauteur limitée permet de respecter en haut les ostia coronaires et en bas la fonction de valve mitrale et les faisceaux de conduction électrique. Au sein du stent, est fixée la valve biologique constituée de tissu péricardique bovin. Sur la valve de troisième génération, la valve Sapien 3, il a été ajouté une jupe externe cousue sur la partie inférieure du stent afin de limiter les régurgitations para-valvulaires.

La valve Corevalve est une valve dite auto-expansible (Figure 5). Elle présente un cadre métallique en nitinol plus grand s'étendant sur trois niveaux. Le tiers inférieur est ancré sur l'anneau aortique et sur la voie d'éjection du ventricule gauche. Le tiers moyen dont le calibre est plus étroit siège au sein des sinus de Valsalva et a pour but d'éviter l'occlusion des coronaires grâce aux mailles ouvertes. Le tiers supérieur, s'évasant dans l'aorte ascendante, permet d'orienter la prothèse dans la direction de la racine aortique.

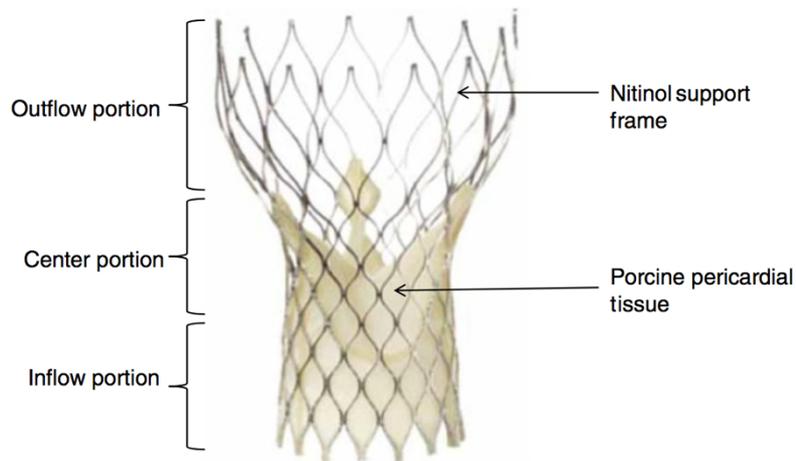


Figure 5. Structure de la prothèse Medtronic Corevalve, d'après Allali et al. (2016)⁶²

Les valves EVOLUT-R et EVOLUT PRO ont l'avantage d'être repositionnables et recapturables. Une jupe de péricarde permet de réduire les régurgitations paravalvulaire.

Les tailles de valves actuellement disponibles sont de 23, 26 et 29 mm pour la Sapien 3 et de 23, 26, 29 et 34 mm pour la Corevalve.

1.3.3 Choix de la prothèse

Au contraire de l'abord chirurgical, la visualisation directe de la valve aortique et de l'anneau est difficile pendant la procédure TAVI²⁷. Il est donc préférable de déterminer la taille de l'anneau avant l'intervention. La méthode de choix est l'utilisation de l'angioscanner aortique multicoupes²⁸. Il permet de connaître l'anatomie de la valve, de l'aorte thoracique ascendante, les voies d'accès notamment fémorales mais également de rechercher des éventuelles contre-indications au TAVI.

Le choix de la taille de la prothèse est un enjeu majeur pour éviter les complications. En cas de sous-estimation de la taille de l'anneau, il existe un risque de migration de la valve ou de fuite para-prothétique (la plupart du temps de faible degré sans impact clinique). Au contraire, la surestimation de la taille de l'anneau expose aux risques de rupture de l'anneau aortique pouvant être fatal, d'obstruction coronaire ou de troubles conductifs.

Il existe des tables de concordances afin de décider de la taille de prothèse recommandée en fonction de la taille de l'anneau aortique natif. En pratique courante, la décision repose sur une combinaison de plusieurs paramètres : localisation des calcifications valvulaire, horizontalisation de l'aorte, hypertrophie septale majeure, risque d'occlusion coronaire élevé, dilatation de l'aorte, hauteur des coronaires et hauteur du sinus.

1.3.4 Accès aux coronaires

Pour bien comprendre les éventuelles difficultés d'accès aux coronaires après l'implantation d'un TAVI, il faut noter la différence géométrique des 2 principales prothèses Sapien (Edwards) et Corevalve (Medtronic). Yudi *et al.*²⁹ détaillent les challenges techniques induits par les 2 types de prothèses avec des contraintes liées à l'anatomie de la valve, à celle du patient et aux rapports entre les deux.

Les auteurs insistent sur des critères anatomiques (dimensions de la jonction sino-tubulaire, hauteur des sinus, largeur des sinus de Valsalva, hauteur ostia coronaires, longueur et épaisseur des feuillets valvulaires, calcification des valves natives, naissance anormale des artères coronaires) et des critères liés au matériel (type de valve, profondeur d'implantation de la valve, hauteur de la jupe étanche de la prothèse et orientation de la palette commissurale) (Figure 6).

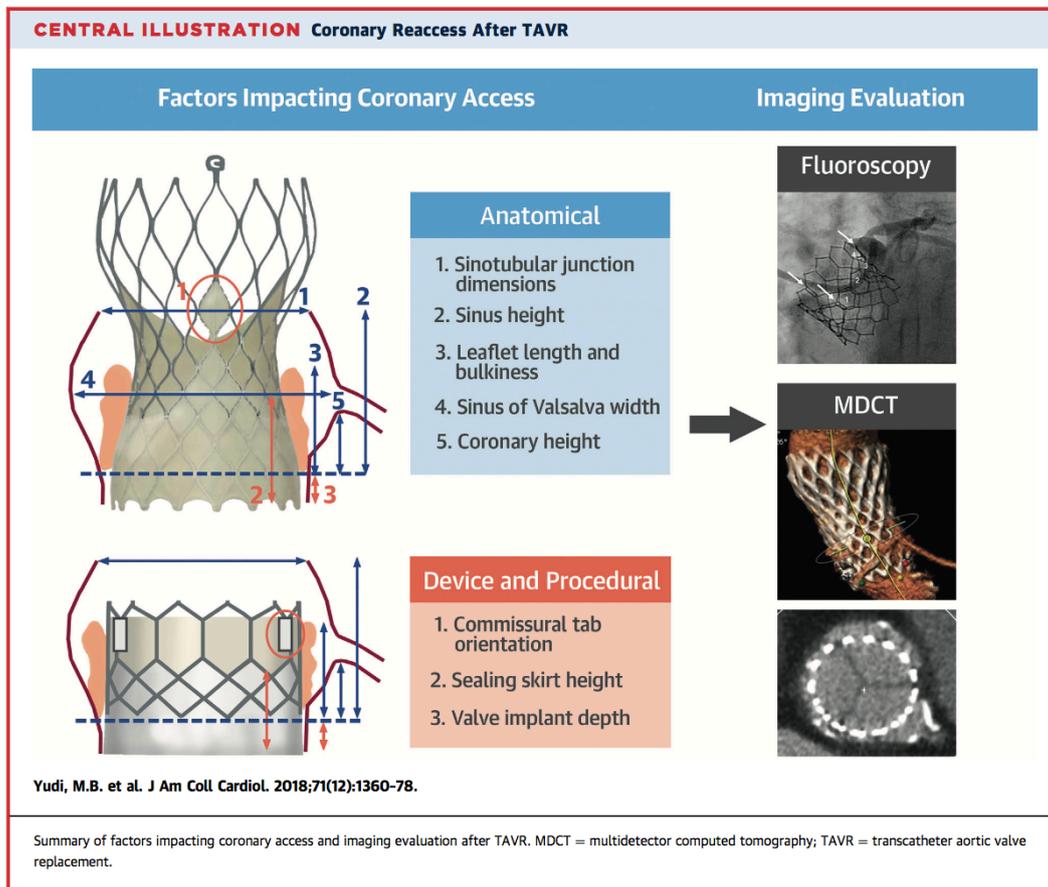


Figure 6. Résumé des facteurs influençant l'accès coronaires après TAVI pour les 2 types de prothèses, d'après Yudi et al. (2018)²⁹

Pour les prothèses Corevalve, il faut prendre en compte 5 paramètres primordiaux. Premièrement, il faut considérer la profondeur d'implantation de la valve, surtout chez les patients avec des ostia coronaires bas (< 10mm par rapport à l'anneau aortique). En effet, la hauteur minimum de la jupe interne de l'EVOLUT PRO est de 13 mm (voir même 14 mm dans l'EVOLUT R en taille 34 mm). Il faut donc idéalement implanter la prothèse 4 mm en dessous du plan de l'anneau aortique pour que la jupe ne recouvre pas les ostia coronaires (Figure 7).

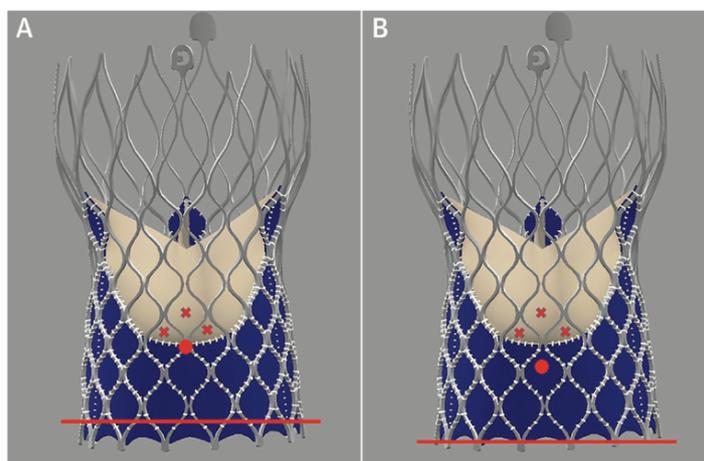


Figure 7. Accès coronaire en fonction du niveau d'implantation par rapport à l'anneau aortique de la Corevalve. Le point rouge représente l'emplacement de l'ostium coronaire et la ligne rouge représente le plan de l'anneau aortique. Les croix rouges représentent les mailles pouvant être utilisés pour accéder à l'ostium. A : Position optimale de la prothèse. B : Position trop haute de la prothèse. D'après Yudi et al. (2018)²⁹

Deuxièmement, il est difficile de juger de la position des feuillets de la valve native par rapport aux feuillets de la prothèse lors de l'implantation. Une commissure peut donc se retrouver devant l'ostium coronaire. De plus, la jupe d'étanchéité peut remonter jusqu'à 26 mm au point d'insertion commissurale (Figure 8).

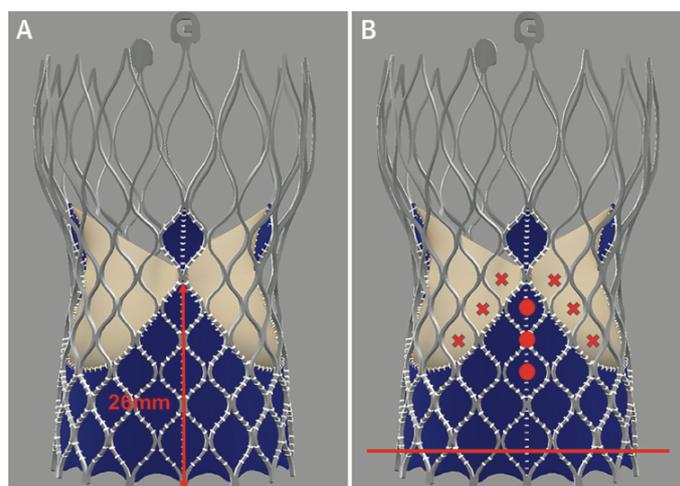


Figure 8. Accès coronaire si l'ostium coronaire s'aligne avec un point d'insertion commissurale. La ligne rouge représente le plan de l'anneau. Les 3 points rouges représentent les hauteurs d'ostia coronaires les plus fréquentes. Les croix rouges représentent les mailles les plus proches pouvant être utilisées pour accéder aux coronaires. D'après Yudi et al. (2018)²⁹

Troisièmement, il existe un risque imprévisible d'implanter la prothèse avec une maille devant l'ostium coronaire. Afin de diminuer ce risque, les mailles des prothèses Corevalve ont été élargies entre la première et deuxième génération. Quatrièmement, il faut considérer la largeur des sinus de Valsalva. Plus le sinus est large, plus il est facile de manipuler un cathéter vers l'ostia. En revanche, un sinus trop étroit engendre un risque élevé d'occlusion coronaire important lors de l'implantation et nécessiterait un angle trop aigu pour engager un cathéter en post-implantation. Enfin, il faut prendre en compte la diminution inéluctable de la partie centrale de la valve. Les prothèses mesurant entre 20 et 24 mm, il y a forcément moins d'espace que dans une valve native.

Pour les prothèses Edwards, il existe intuitivement moins de difficultés d'accès aux coronaires. Les valves de dernière génération Sapien 3 (Figure 9) sont plus hautes que les anciennes valves mais les mailles supérieures sont plus grandes que celles de la Corevalve et donc engendrent moins de difficultés d'accès aux coronaires³⁰. Par analogie à la Corevalve, les commissures peuvent également se retrouver devant les ostia coronaires. Si la valve est positionnée trop haute, la jupe interne dépasse les ostia. Si les sinus de Valsalva sont trop petits, il y a également un manque de place pour les cathéters.

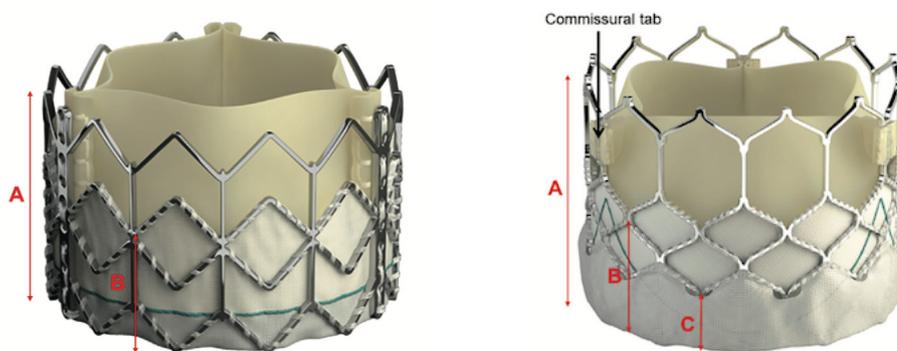


Figure 9. Prothèses Sapien (à gauche) et Sapien 3 (à droite). A : Hauteur du cadre, B : Hauteur de la jupe interne, C : Hauteur de la jupe externe, d'après Yudi et al.²⁹

La valve auto-expansible Acurate possède un stent court et une couronne supérieure facilitant l'accès aux coronaires mais il existe peu d'études sur la faisabilité d'une angiographie coronaire concernant cette valve.

Pour résumer, d'un point de vue anatomique, l'accès aux coronaires est facilité par un diamètre important de la jonction sino-tubulaire, une hauteur et une profondeur importante des sinus, des cusps natives de petite taille, une charge calcique faible et une naissance haute des ostia coronaires.

1.4 La procédure TAVI

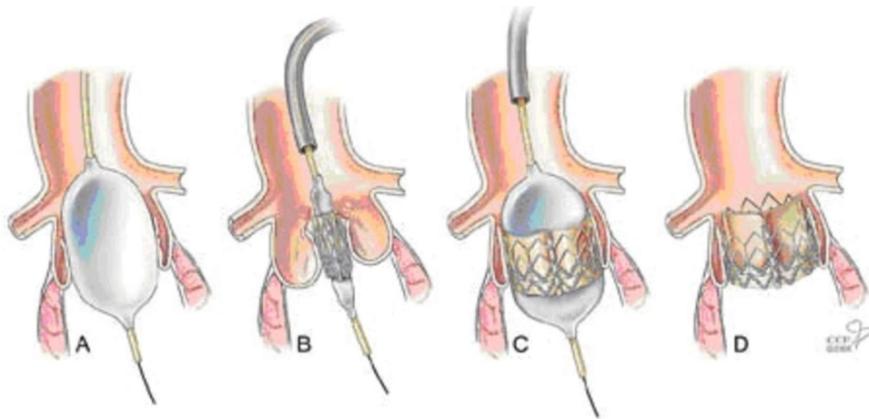
La décision du TAVI repose sur une évaluation individualisée au sein d'une équipe multidisciplinaire médico-chirurgicale appelée la Heart Team³. L'intervention doit être réalisée dans un centre habilité où un bloc de chirurgie cardiaque est disponible sur place (grade 1C)³. Il existe quelques contre-indications au TAVI : cliniques (espérance de vie estimée < 1 an, faible probabilité d'amélioration de la qualité de vie, association à d'autres valvulopathies sévères) et anatomiques (taille d'anneau incompatible, thrombus intra-ventriculaire gauche, endocardite active, risque élevé d'obstruction coronaire, plaques avec thrombi mobiles à risque embolique dans l'aorte ascendante, accès vasculaires impossible).

Dans plus de 90% des TAVI, la voie d'abord est celle de la voie artérielle fémorale puisqu'elle est moins invasive. En cas de tortuosités, de calcifications ou de diamètres contre-indiquant l'accès vasculaire fémoral, d'autres voies d'abord sont disponibles (par ordre croissant de fréquence utilisée : voie trans-apicale, voie trans-aortique, voie sous-clavière et voie carotidienne). La procédure est réalisée le plus souvent sous anesthésie locale.

Les étapes nécessaires pour l'implantation d'un TAVI (Figure 10) :

- Une angiographie sus-sigmoïdienne initiale permettant d'obtenir une vue de référence où les trois cusps sont alignées dans le même plan (les reconstructions réalisées au préalable sur scanner sont essentielles pour cette étape).
- Valvuloplastie au ballon permettant d'évaluer la taille de l'anneau (« balloon sizing »), le risque d'occlusion coronaire et facilite le franchissement de la valve. L'approche minimaliste³¹ de plus en plus utilisée permet de s'affranchir de cette étape afin de diminuer le volume de produit de contraste iodé et les risques potentiels (insuffisance aortique sévère, troubles conductifs, embols cérébraux, fragilisation de l'anneau)^{32,33}.
- Implantation de la prothèse sertie sur cathéter. Elle est introduite par voie artérielle rétrograde jusqu'au franchissement de la valve native puis positionnée jusqu'à ce que les calcifications valvulaires se situent en regard de la moitié supérieure de la prothèse. Celle-ci est déployée sous stimulation ventriculaire rapide.

- Angiographie sus-sigmoïdienne finale permettant de contrôler la position de la prothèse, la perméabilité des coronaires et de visualiser une éventuelle fuite para-valvulaire résiduelle.



- A: Pré-dilatation valvulaire aortique par gonflage d'un ballon
- B: Positionnement de la prothèse sur la valve native
- C: Déploiement de la prothèse par gonflage du ballon
- D: Prothèse ancrée au sein de la valve native, avec ballon dégonflé

Figure 10. Procédure TAVI d'après Novaro et al. (2014)

1.5 Les cathéters de coronarographie

La première cathétérisation est effectuée en 1929 par Mr Forssmann dans sa propre veine cubitale jusqu'à son artère pulmonaire. C'est en 1958 qu'est réalisée la première angiographie des coronaires sélective par Dr Sones lorsqu'il retire accidentellement son cathéter, initialement prévu pour réaliser une ventriculographie.

Il existe 2 types de cathéters principaux : les cathéters diagnostiques (tige plus épaisse, diamètre interne plus petit, pointe plus effilée) et les cathéters guide pour angioplastie (tige moins épaisse, diamètre interne plus grand, pointe moins effilée).

Un cathéter est composé de plusieurs parties : la pointe, la courbe primaire, la courbe secondaire et la courbe tertiaire (Figure 11).

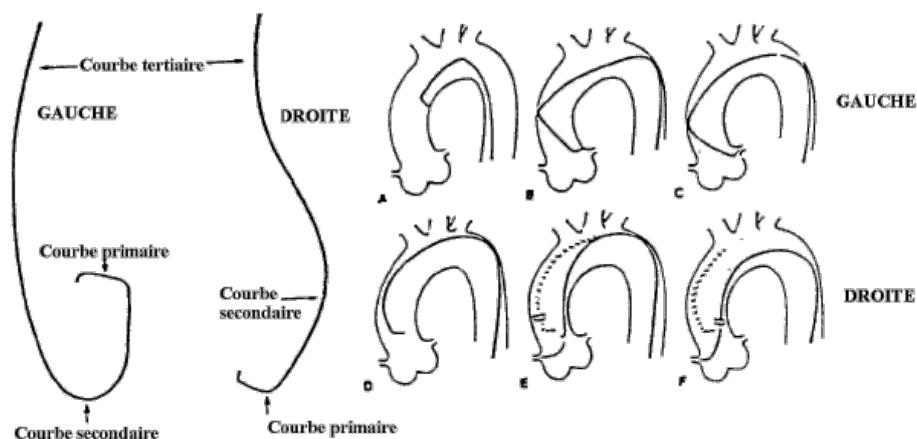


Figure 11. A gauche : structures générales des cathéters. A droite : étapes pour engager une coronaire gauche et une coronaire droite avec un cathéter.

L'échelle de cathéter French est couramment utilisée pour déterminer le diamètre externe des cathéters (cathéters diagnostiques entre 4 et 7 French).

Le choix du cathéter repose sur l'âge du patient, sa taille et son poids, les habitudes de l'opérateur, les éventuelles difficultés d'accès, l'anatomie de l'aorte et le type de coronaire.

En pratique, les cathéters utilisés pour la coronaire gauche sont les Judkins Left ou Amplatz Left. Concernant la coronaire droite, sont généralement employés les cathéters Judkins Right, Amplatz Right ou Right Coronary 3D. Les cathéters Multipurpose et Tiger sont des cathéters universels. Les cathéters utilisés pour les pontages sont RCB, LCB ou IMA.

Les cathéters Judkins sont habituellement les plus utilisées.

1.6 Complications du TAVI

Quels que soient les progrès des prothèses et l'amélioration de la technique d'implantation de la valve, la procédure présente certaines limites pouvant freiner son extension à une population jeune et à bas risque chirurgical.

Le taux moyen d'implantation de pacemaker permanent se situe entre 5 et 25% des cas. Il est plus important avec les valves auto-expansibles dans les anciennes études³⁴ mais il est actuellement en diminution avec l'expérience des opérateurs³⁵. Il est dépendant de plusieurs facteurs confondants : âge, trouble de la conduction préexistant ou calcifications importantes.

Les complications vasculaires liées aux abords ont diminué avec la réduction de la taille des accès vasculaire (14 French le plus souvent), l'utilisation préférentielle de la voie fémorale dans 90% des cas et la ponction écho-guidée.

La tamponnade reste rare et est le plus souvent en relation avec une rupture de l'anneau aortique.

L'importance des fuites para-valvulaire a pu être diminué grâce à l'amélioration de l'apposition sur la valve native. Il n'existe pas d'études randomisées à ce sujet. Il est décrit un taux de 4% de fuites modérées. La valve Sapien 3 semble être associée à une incidence plus faible de régurgitation aortique paravalvulaire modérée ou sévère par rapport aux autres valves¹⁸.

La thrombose de TAVI est une complication au même titre que celle des bioprothèses implantées par chirurgie conventionnelle. Dans le registre RESOLVE³⁶, on retrouve un taux de 13%.

Le taux d'AVC ischémique ou hémorragique est de l'ordre de 3,3% à J30 et est variable selon la population étudiée. Certains auteurs ne retrouvent pas d'augmentation du taux d'AVC après TAVI par rapport à la chirurgie¹⁴. Smith *et al.*¹² montre un taux plus élevé d'AVC ischémique à J30 non statistiquement significatif (3,8% groupe TAVI vs 2,1% groupe chirurgie, $p=0,20$). L'étude SENTINEL avec la mise en place d'un système de protection cérébral a montré des effets bénéfiques avec une diminution significative du taux d'AVC à 7 jours³⁷. Certains facteurs de risques sont décrits³⁸ : athérome aorte ascendante, anticoagulation inadéquate, insuffisance rénale, implantation d'une prothèse après plusieurs tentatives et épisode de fibrillation atriale. L'occlusion coronaire est plus fréquente avec des valves type Sapien³⁹ et lors des procédures « valve in valve »^{40,41}. Certains praticiens utilisent un cathéter-guide et un guide coronaire de protection dans les coronaires lors du déploiement de la valve.

Enfin, la principale limitation de l'extension du TAVI aux patients les plus jeunes reste la survenue d'une dégénérescence de prothèse quasi inéluctable à long terme. Les données actuelles rapportent qu'un patient sur 10 présenterait une dégénérescence de valve modérée à 5 ans sans pour autant avoir besoin d'une ré-intervention⁴². Ces résultats ont été obtenus avec des valves qui ne sont plus utilisées actuellement et dans une population âgée avec comorbidités. De plus, la définition de la dégénérescence n'est pas toujours identique dans les études.

1.7 Cardiopathie ischémique et sténose aortique

En raison d'une pathogenèse et de facteurs de risques similaires, la coronaropathie est une comorbidité fréquemment associée chez les patients atteints de rétrécissement aortique serré^{19,43,44}. Ce taux a tendance à diminuer avec l'élargissement des indications aux patients à faible risque opératoire.

Lors d'une prise en charge chirurgicale, le pontage aorto-coronarien a prouvé son bénéfice en terme de survie en cas de sténose coronaire évaluée à plus de 50%^{45,46}. Les données de la littérature semblent contradictoires quant à l'impact clinique d'une revascularisation coronarienne avant l'implantation d'un TAVI⁴⁷ et le moment optimal de cette revascularisation.

1.7.1 Impact clinique de la revascularisation

Aucune étude randomisée n'a porté sur l'impact de la revascularisation coronarienne chez les patients avec TAVI. Les données des grands registres observationnels et méta-analyses sont discordantes, d'autant plus que la définition de la coronaropathie n'est pas identique dans toute la littérature.

La méta-analyse d'Ascenzo *et coll.*⁴⁸ ne montre pas de lien entre coronaropathie et mortalité après TAVI à J30 et à 1 an en analyse multivariée. La revascularisation coronaire diminue la mortalité de façon significative seulement si le Syntax score résiduel est inférieur à 8 en post-angioplastie. En revanche, le registre allemand⁴⁹ et le registre SOURCE XT¹⁶ montre respectivement une augmentation significative de la mortalité à J30 et à 1 an chez les patients coronariens. La différence n'étant plus significative après ajustement avec les facteurs de confusion dans le registre allemand, suggérant l'impact d'éventuels comorbidités. On peut même voir des effets délétères de la revascularisation coronarienne en pré-TAVI avec un surrisque de complications vasculaires majeures du fait de la double antiagrégation plaquettaire et une surmortalité à J30⁵⁰. Plusieurs études ont montré que la survie des patients avec coronaropathie modérée et une revascularisation incomplète était comparable au patient sans coronaropathie^{49,51,52}.

1.7.2 Qui revasculariser ?

L'évaluation de l'ischémie myocardique est difficile car la plupart des tests d'ischémie sont souvent contre-indiqués en cas de sténose aortique sévère. La coronarographie systématique avant TAVI permet d'apprécier l'atteinte coronarienne et de choisir les options de revascularisation. En pratique, la décision est prise au cas par cas selon l'étendue et la complexité des lésions coronaires, du risque d'infarctus (et donc d'ischémie myocardique), de la complexité potentielle de l'angioplastie et de la présence de comorbidités. En 2014, l'ESC préconise de réaliser une revascularisation percutanée d'une sténose supérieure à 70% dans les segments coronaires proximaux (grade 2 AC). L'ESC 2017 n'a apporté aucune modification à ces recommandations.

Le score Syntax semble représenter un outil attractif pour décider d'une revascularisation. Il permet de proposer aux patients la meilleure stratégie entre revascularisation percutanée et chirurgicale après évaluation des lésions en coronarographie. Plus le score est élevé, plus le pronostic de la chirurgie est meilleur.

Certaines études comme celle de Stefanin *et al.*¹⁶ montre une relation linéaire entre score Syntax et événements cardiovasculaires majeurs à 1 an. Les patients ayant un score Syntax supérieur à 22 ont reçu une revascularisation incomplète et ceux avec un score Syntax résiduel supérieur à 14 avaient des taux d'événements cardiovasculaires majeurs significativement plus élevés. Le registre TAVI de Berne⁵³ sur 445 patients a également montré que les patients ayant un score Syntax supérieur à 22 avaient reçu une revascularisation incomplète et avaient un risque plus élevé de décès cardiovasculaire, d'AVC ou d'infarctus du myocarde par rapport aux patients sans coronaropathie ou avec un score Syntax inférieur à 22. L'étude multicentrique de Witberg⁵¹ sur 1270 patients confirme ces résultats en identifiant le même seuil de score Syntax de 22 comme facteur prédictif de la mortalité toutes causes (HR 2,09, p=0,017). Khawaja⁵⁴ a constaté qu'un score résiduel de 9 était indépendamment associée à la mortalité (HR 1,95, p=0,006).

La FFR (Fractional Flow Reserve) permet de déterminer la pertinence clinique d'une revascularisation. Cependant, l'administration de vasodilatateurs en cas de sténose aortique sévère est discutée et semble fausser les résultats de la FFR en raison des changements hémodynamiques⁵⁵.

1.7.3 Quand revasculariser ?

Avant l'implantation de la valve

L'angioplastie peut être réalisée avec sécurité mais il semble qu'une FEVG altérée et un score STS élevé > 10 sont des facteurs de risque de surmortalité à 30 jours⁵⁶. Il y a un potentiel risque hémorragique additionnel pendant la procédure du TAVI du fait d'une double antiagrégation plaquettaire si l'implantation est réalisée de façon rapprochée à l'angioplastie. Cependant, en l'absence de revascularisation coronarienne préalable, l'hypotension artérielle secondaire à la stimulation ventriculaire rapide lors de l'implantation de la valve peut majorer l'ischémie myocardique.

Pendant l'implantation de la valve

C'est une option permettant de façon logique une réduction des coûts (nombres d'hospitalisations et nombres de procédures) et une réduction des complications liées aux abords vasculaires grâce à l'utilisation d'une seule et même voie d'abord. Cela expose néanmoins à une néphrotoxicité à l'iode théorique plus importante mais non prouvée dans les études^{57,58}. Il n'est pas retrouvé de différence significative sur la mortalité péri-procédurale, l'infarctus du myocarde ou les complications vasculaires dans la littérature^{50,59}.

2. Objectif

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence, dans la population ayant une prothèse aortique TAVI, une éventuelle difficulté d'accès aux coronaires secondaire aux prothèses, de comparer les différences entre les 2 principaux types de prothèses Corevalve (MEDTRONIC) et Sapien (EDWARDS) puis de définir une stratégie efficace pour une prise en charge optimale.

3. Matériel et Méthodes

3.1 Données

Il s'agit d'une étude observationnelle rétrospective multicentrique en France sur une durée de 11 ans (entre 2009 et 2020) regroupant les données de 6 centres de cardiologies interventionnelles : le CHRU de Tours, la Nouvelle Clinique Tourangelle de Tours (NCT +), le CHU de Clermont Ferrand, la Clinique Saint Hilaire de Rouen, l'Hôpital Privé Parly 2 Le Chesnay et le Centre Hospitalier de Chartres.

Ont été inclus tous les patients porteurs d'une prothèse valvulaire aortique type TAVI ayant bénéficié par la suite d'une coronarographie avec ou sans angioplastie. Seulement deux types de prothèses étaient inclus : prothèse EDWARDS (SAPIEN XT ou SAPIEN 3) ou prothèse MEDTRONIC (COREVALVE, EVOLUT-R ou EVOLUT-PRO).

Les indications des procédures étaient divisées en : angor stable, syndrome coronarien aigu sans sus-décalage du segment ST (NSTEMI), syndrome coronarien avec sus-décalage du segment ST (STEMI), ischémie silencieuse et bilan préopératoire.

Les données ont été recueillies de façon rétrospective puis prospective grâce à la consultation du dossier médical informatisé avec les comptes rendus de coronarographies et d'hospitalisations dans chaque centre à l'étude. Tous les films d'angiographie coronaire pré et post-TAVI ont été visualisés.

Nous avons pu rassembler : les caractéristiques des patients (âge, taille, poids, facteurs de risque cardio-vasculaires, taux de créatininémie, antécédent de maladie athéromateuse), les données de la coronarographie pré-TAVI (voie d'abord artériel, taille du désilet, quantité de produit de contraste iodé, temps de scopie et de procédure, nombre de sondes utilisées et types de celles ayant réussi à cathériser chacune des coronaires, la sélectivité du cathétérisme des coronaire droite et gauche), de la procédure du TAVI (type et taille de la prothèse aortique implantée, position de la valve), de la coronarographie post-TAVI (type d'abord artériel, taille du désilet, quantité de produit de contraste iodé, temps de scopie et de procédure, nombre de sondes utilisées et types de celles ayant réussi à cathériser chacune des coronaires, utilisation éventuelle d'une technique « mother and child », la sélectivité du cathétérisme des coronaire

droite et gauche) et de la procédure d'angioplastie si il y en avait une (temps de procédure, temps de scopie, volume de produit de contraste iodé, nombre de sondes utilisées et type de celle ayant réussi l'angioplastie et résultat final).

La technique « mother and child » est l'utilisation d'une extension de cathéter, d'un système de type micro-cathéter ou d'un montage d'une sonde de coronarographie diagnostique dans un cathéter porteur avec la même finalité.

Tous les patients admis pour coronarographie dans la région Centre signent un consentement de non-opposition pour être inclus dans le registre français du CRAC. Ils peuvent refuser cette participation et sont prévenus de la collecte de données effectuées de façon anonyme pour divers travaux de recherche.

La totalité des procédures a été divisée en deux groupes : un groupe avec les procédures sur les prothèses Edwards et un groupe avec les procédures sur les prothèses Medtronic.

3.2 Analyses statistiques

Les variables de types catégorielles sont exprimées en pourcentage. Les variables quantitatives sont exprimées en moyenne +/- écart type. La comparaison des variables continues a été réalisée par le test de Student lorsque la répartition suivait une loi normale. La comparaison des variables catégorielles a été réalisée par le test du Khi2.

La comparaison des coronarographies avant et après TAVI a été réalisée par le test de Wilcoxon pour échantillons appariés.

Le risque alpha ($p < 0,05$) signait une différence significative.

Toutes les statistiques ont été effectuées à partir du logiciel JMP. Les graphiques ont été réalisés à l'aide du logiciel Graphpad Prism.

4. Résultats

De 2009 à septembre 2020, nous avons observé un total de 143 procédures pour 120 patients répartis dans les 6 centres. Les deux types de valves ont été utilisés dans chaque centre. Au total, 63 patients possèdent une prothèse Edwards et 57 patients une prothèse Medtronic. Les répartitions du nombre de prothèses, de leur type et de leur taille pour les procédures de chaque centre sont détaillées dans le tableau 1.

4.1 Caractéristiques des patients

Les caractéristiques de base des 120 patients ainsi que la comparaison entre les 2 groupes de prothèses sont présentées dans le tableau 2. La population étudiée était majoritairement de sexe masculin : 79 patients soit un total de 66%. L'âge moyen était de 82 +/- 7,7 ans. L'IMC moyen était de 26,7 +/- 5,5kg/m². 59 patients soit 49% avaient un antécédent de coronaropathie et 19 patients soit 16% un antécédent d'AOMI. Concernant les facteurs de risque cardio-vasculaire : 71 patients (soit 59%) dyslipidémique, 100 patients (soit 83%) hypertendus, 35 patients (soit 29%) diabétiques, 11 patients (soit 9%) tabagiques actifs et 17 patients (soit 14%) avaient une hérédité familiale cardio-vasculaire. Le taux de créatinine moyen était de 109 +/- 64 µmol/l.

Nous avons retrouvé une majorité statistiquement significative de patients avec une hérédité coronarienne et un IMC moyen plus important dans le groupe de patients avec prothèse Medtronic par rapport au groupe de patients avec prothèse Edwards.

4.2 Indications coronarographies et délai TAVI-coronarographie

Le tableau 3 présente la répartition des indications des coronarographies post-TAVI ainsi que la comparaison entre les 2 groupes. Une majorité significative de procédures sont réalisées en cas de syndrome coronarien aigu avec sus-décalage du segment ST dans le groupe prothèse Medtronic. Le délai moyen entre l'implantation du TAVI et la coronarographie toutes prothèses confondues est de 22,7 mois (21 mois pour les valves Edwards et 24,1 mois pour les valves Medtronic sans différence significative, p=0,321).

4.3 Voies d'abords

La voie radiale est la voie de choix dans notre travail. Toutes prothèses confondues lors des procédures avant TAVI, la voie radiale est utilisée dans 73,6% des cas (54 voies radiales gauches, 35 voies radiales droites) et la voie fémorale dans 26,4% des cas (10 voies fémorales gauche, 22 voies fémorales droites). Lors des procédures après TAVI, la voie radiale est utilisée dans 79,1% des procédures (64 voies radiales gauches, 46 voies radiales droites) et la voie fémorale dans 20,8% des procédures (5 voies fémorales gauches, 24 voies fémorales droites). Lors des coronarographies post-TAVI, sur les 29 procédures par voie fémorale, nous avons observé 4 conversions de radiale droite à fémorale (soit 13,7%) : 3 pour une prothèse Corevalve et 1 pour une prothèse Sapien.

4.4 Accessibilité coronaires toutes prothèses confondues

Toutes prothèses confondues, l'accessibilité en post-TAVI à la coronaire gauche a été significativement plus facile que la coronaire droite ($p=0,013$). L'accessibilité à la coronaire gauche a été possible dans 95,7% des procédures (134 succès sur 140 procédures et 3 coronaires gauche non recherchées) et l'accessibilité à la coronaire droite a été possible dans 85,6% des procédures (101 succès sur 118 procédures et 25 coronaires droites non recherchées).

4.5 Comparaison coronarographie avant et après TAVI pour les prothèses Edwards

Le tableau 4 compare les données des coronarographies pré-TAVI et post-TAVI pour les prothèses Edwards soit un total de 67 procédures. Les temps de procédure et de scopie sont augmentés en post-TAVI sans différence statistique. Le graphique 1 représente le test d'appariement du temps de scopie pour les prothèses Edwards. Il n'y a pas de différence significative sur la voie d'abord utilisée avant ou après TAVI. Le nombre de sondes utilisées pour la coronarographie post-TAVI n'était pas plus élevé que pour la coronarographie pré-TAVI.

L'accessibilité à la coronaire gauche en pré et post-TAVI est identique. Dans 100% des procédures l'accessibilité a été un succès.

L'accessibilité à la coronaire droite est plus difficile en post-TAVI sans significativité statistique (accessibilité possible dans 100% des procédures en pré-TAVI et 96,7% des procédures en post-TAVI soit 58 sur 60 procédures). 6 procédures sur les 65 réussies pour la coronaire gauche et 5 procédures sur les 58 réussies pour la coronaire droite ont été jugées difficiles devant l'utilisation importante de sondes et la difficulté à se positionner devant l'ostia coronaire.

Deux échecs de cathéterisation ont été observés pour la coronaire droite. Une aortographie seule a été réalisée lors de ces procédures.

4.6 Comparaison coronarographie avant et après TAVI pour prothèses Medtronic

Le tableau 5 compare les données des coronarographies pré-TAVI et post-TAVI pour les prothèses Corevalve soit un total de 76 procédures. Les temps de procédure et de scopie sont statistiquement augmentés en post-coronarographie. Le graphique 2 représente le test d'appariement du temps de scopie pour les prothèses Medtronic. Nous observons une tendance à l'augmentation de la quantité de produit de contraste et du nombre de sondes utilisés en post-TAVI sans différence statistique. Il n'y a pas de différence significative sur la voie d'abord utilisée avant ou après TAVI.

L'accessibilité à la coronaire gauche est significativement plus difficile en post-TAVI par rapport à la coronarographie pré-TAVI : accessibilité possible dans 100% des procédures en pré-TAVI versus 92% des procédures en post-TAVI soit 69 sur 75 procédures, $p < 0,0001$.

L'accessibilité à la coronaire droite est également significativement plus difficile en post-TAVI : accessibilité possible dans 98,4% des procédures en pré-TAVI et dans seulement 74,1% des procédures soit 43 sur 58 procédures, $p < 0,001$. 6 procédures sur les 69 réussies pour la coronaire gauche et 15 procédures sur les 43 réussies pour la coronaire droite ont été jugées difficile.

Un échec de cathéterisation a été observé pour la coronaire gauche contre 15 échecs pour la coronaire droite. Une aortographie seule a été réalisée lors de ces procédures.

4.7 Types et tailles des cathéters

Le tableau 6 détaille les types de cathéters qui ont réussi à cathéteriser les coronaires pour les coronarographies post-TAVI avec les prothèses Edwards et Medtronic.

Pour les deux types de prothèses, nous retrouvons une utilisation majoritaire de cathéter Judkins pour cathéteriser la coronaire gauche et la coronaire droite.

Concernant la coronaire gauche, le cathéter Judkins Left 3,5 est le plus répandu avec la prothèse Medtronic alors que le cathéter Judkins Left 4,0 est le plus utilisé avec la prothèse Edwards.

Concernant la coronaire droite, le cathéter Judkins Right 4,0 est le plus employé pour les deux types de prothèses.

Le second type de cathéter utilisé est l'Amplatz Left que ce soit pour la coronaire gauche ou droite pour les 2 types de prothèses.

4.8 Tailles des prothèses

Sur les 9 procédures avec une prothèse Corevalve implantée de façon haute par rapport à l'anneau aortique, la sélectivité de la coronaire gauche et de la coronaire droite ont été possible pour un total de 8 procédures.

4.9 Technique Mother and Child

La technique du Mother and Child s'avère peu utilisée en post-TAVI avec seulement 9 utilisations sur 143 procédures (soit 6,3%) et 8 utilisations en angioplastie sur 71 procédures (soit 11,3%).

4.10 Angioplasties

71 angioplasties ont été nécessaires sur les 143 coronarographies réalisées en post-TAVI (soit 49,6%) dont 60 effectuées lors de la même procédure (procédure ad hoc). Si l'angioplastie était réalisée lors d'une seconde procédure, les voies d'abord ne différaient jamais de celle de la coronarographie diagnostique.

38 angioplasties ont été réalisées avec la prothèse Medtronic soit 53,5% contre 33 angioplasties avec la prothèse Edwards soit 46,5%.

Les angioplasties sur le réseau gauche étaient plus fréquentes que sur le réseau droit (respectivement 77,5% versus 28,2%). Le cathéter le plus utilisé est le Judkins (29 sur 55 angioplasties pour le réseau gauche et 9 sur 20 angioplasties pour le réseau droit). 2 échecs d'angioplastie (1 avec chaque type de prothèse) dont 1 décès per-procédure ont été observés soit un taux de succès de 97,2% (97,3% pour la prothèse Edwards et 97,0% pour la prothèse Medtronic). Aucun dysfonctionnement aigu de prothèse n'a été observé après angioplastie.

5. Discussion

L'angiographie coronaire et surtout l'angioplastie peuvent être difficiles pour de nombreuses raisons telles que la tortuosité des artères coronaires, la calcification, les occlusions chroniques, l'anomalie de naissance des coronaires ou la présence de pontages. Les prothèses aortiques implantées par voie percutanée sont un facteur supplémentaire de difficulté d'accès aux coronaires. Actuellement, la plupart des études portant sur la faisabilité de la coronarographie post-TAVI sont rétrospectives monocentriques avec un nombre de patients inférieur à 100 hormis une étude portant sur 169 patients uniquement avec une prothèse Corevalve⁶⁰. Notre travail permet donc d'apporter une contribution significative à ce problème en étudiant 143 procédures parmi 120 patients recrutés dans 6 centres expérimentés.

Il n'existe pas de recommandations pour aborder la procédure mais seulement des échanges de cas cliniques et de retours d'expériences. Les opérateurs relatent principalement des difficultés techniques avec les prothèses dépassant les ostia coronaires dont particulièrement la Corevalve⁶¹. Habituellement, les prothèses intra-annulaires type Sapien sont préférées chez les patients avec une coronaropathie déjà connue avant l'implantation du TAVI. Étonnamment, cette préférence n'a pas été mise en évidence dans notre travail. Les opérateurs des centres étudiés n'ont donc pas privilégié la prothèse Sapien en cas de maladie coronarienne connue.

L'incidence de la coronaropathie chez les patients ayant un TAVI est élevée⁴³. L'âge moyen des patients bénéficiant d'un TAVI diminuant, leurs espérances de vie après TAVI augmentent et de fait, le risque de devoir réaliser une ou des coronarographies après TAVI augmente. Notre étude rapporte un délai moyen entre l'implantation du TAVI et la première angiographie coronaire post-TAVI de 22,7 mois. Ce délai est d'ailleurs concordant avec les données d'Allali⁶². Compte tenu de l'évolution naturelle de la pathologie coronarienne, il existe donc un risque aujourd'hui mal évalué de devoir réaliser plusieurs procédures successives au cours des années de vie restantes de ces patients. Si dans certains cas comme l'angor instable ou l'ischémie silencieuse, les difficultés techniques de la coronarographie peuvent être anticipées et préparées à l'aide d'examen non invasif tel que le coroscanner⁶³, il n'est malheureusement pas possible d'en faire autant lors des syndromes coronariens aigus. Dans notre étude, nous retrouvons 46,8% des angiographies réalisées pour syndrome coronarien aigu avec ou sans sus-

décalage du segment ST. Htun *et al.*⁶⁴ et Allali *et al.*⁶² retrouvaient respectivement 90% (pour 43 procédures) et 37,5% (pour 24 procédures) des angioplasties réalisées pour syndrome coronarien aigu. Les opérateurs non habitués aux prothèses TAVI doivent donc être prévenus et sensibilisés à la problématique et des techniques ou outils doivent être mis à leur disposition. L'utilité du coroscaner pour évaluer les rapports anatomiques de la prothèse avec les coronaires est évoqué et paraît pertinente⁶⁵ mais plusieurs limitations se voit en pratique courante. Il est impossible à réaliser en cas de syndromes coronariens aigus, il augmente le risque de néphropathie au produit de contraste et enfin les images peuvent être artefactés par la présence de la prothèse et donc difficile d'interprétation. Il est à noter qu'aucun de nos patients n'a bénéficié d'un scanner des coronaires avant la procédure post-TAVI.

Le temps de scopie moyen d'une angiographie coronaire simple est d'environ 60 secondes⁶⁴. Dans notre travail, nous avons mis en évidence une augmentation du temps de scopie entre les coronarographies pré-TAVI et post-TAVI pour les deux types de prothèses. Cependant l'augmentation du temps de scopie est significative uniquement pour la prothèse Corevalve. Concernant la quantité de produit de contraste injectée, autre indicateur indirect de difficulté technique, il n'a pas été retrouvé d'augmentation significative entre la coronarographie pré et post-TAVI, même lors de l'analyse sur la Corevalve. Des résultats similaires sont retrouvés dans l'étude de Boukantar *et al.*⁶⁶ (temps de scopie 13,2 min, volume d'iode 157,7ml). Le fait que la quantité de produit de contraste ne soit pas plus grande dans les coronarographies post-TAVI peut s'expliquer simplement par les caractéristiques de la Corevalve qui ne laisse pas facilement naviguer les sondes dans la racine aortique. Dès lors, il est assez aisé de se rendre compte visuellement de la non-cathérisation sélective ou semi-sélective des ostia coronaires et donc d'éviter des injections inutiles.

Dans notre travail, la voie d'abord n'est pas différente avant et après TAVI (autant de voies radiales et fémorales) avec notamment 33% de voie radiale droite. Ce paramètre est en contradiction avec le travail de Yudi *et al.*²⁹ prônant un abord fémoral ou radial gauche. Les opérateurs de notre étude ont donc choisi de ne pas aborder la procédure de façon différente à leur pratique quotidienne. Ainsi, et comme l'évoquait Yudi *et al.*²⁹, le taux d'échec de la voie radiale droite a été assez élevé nécessitant une conversion fémorale pour 14,7% des patients de notre étude.

En suivant le même principe que le choix des voies d'abords, les opérateurs des centres participants à notre travail ont préféré l'utilisation de sondes classiques (Judkins Left et Judkins Right). Cette attitude est tout à fait recevable concernant la prothèse Sapien mais est plus discutable concernant la prothèse Corevalve. En effet, pour les valves ne dépassant pas les ostia coronaires type Sapien, les études réalisées ne mettent pas en évidence de difficulté majeure. Des cathéters standards sont utilisés dans 100% des cas⁶¹.

En revanche, pour la Corevalve, les retours d'expériences préconisent d'utiliser des sondes différentes d'une coronarographie classique^{61,62}. Afin de cathéteriser au mieux la coronaire gauche, il est conseillé d'utiliser les cathéters standards type Judkins⁶² de plus petite taille (Judkins Left 3,5 ou 3,0) ou à pointe courte comme Judkins Right 4.0. En seconde intention, il faudrait utiliser un cathéter Ikari right. Ce cathéter n'a jamais été utilisé dans notre travail. Il est également conseillé d'engager le cathéter sur une maille supérieure ou latérale par rapport à l'ostium coronaire. Ce type de données n'était malheureusement pas accessible. Le cathéter de choix pour cathéteriser la coronaire droite avec la valve Corevalve reste le cathéter Judkins Right 4,0, qui est largement celui utilisé dans notre travail. Si le sinus de Valsalva est large, il faut utiliser des cathéters avec une pointe plus longue (Judkins Right 4,5 ou Judkins Right 5,0 ou Amplatz Right 2). Si une commissure se trouve sur un ostium coronaire, il faut utiliser un cathéter Multipurpose ou Ikari Right.

Dans notre population, nous n'avons pas noté d'augmentation significative du nombre de sondes utilisées avant et après TAVI. Notre moyenne était de 2,45 pour la valve Corevalve alors que Boukantar *et al.*⁶⁶ retrouvent une moyenne de 3,6 sondes par procédure. Ceci est probablement due à l'insistance des opérateurs à chercher les coronaires avec leur sonde habituelle. Lorsque le cathétérisme est impossible, la technique de « Mother and Child »⁶⁷ peut s'avérer utile notamment si la sonde n'est pas dans l'axe de l'ostium et que l'accès doit se réaliser via une maille latérale ou en cas de naissance de coronaire basse. Cette technique a été utilisée de manière marginale dans notre population tout comme dans les études (4% des procédures pour Zivelonghi *et al.*⁶⁸) sûrement par manque d'habitude de cette pratique.

Enfin, en cas d'échec de toutes ces techniques, une angiographie aortique seule peut être réalisée⁶¹. Beaucoup de travaux se sont servis de cette technique comme Blumenstein *et al.*⁶¹ qui l'utilisent dans 60% des procédures avec une Corevalve.

En moyenne dans la littérature, le taux de succès de l'angiographie coronaire post-TAVI varie de façon importante entre 56 et 100%²⁹ mais les études ne portent pas sur les mêmes types de prothèses et comparent rarement les deux types que nous avons étudiés. Nos taux d'échec toutes prothèses confondues sont de 4,3% pour la coronaire gauche et jusqu'à 14,4% pour la coronaire droite. Les taux d'échecs pour la prothèse Sapien sont moins importants que pour la prothèse Corevalve (respectivement 0% pour la coronaire gauche et 3,3% pour la coronaire droite versus 8% pour la coronaire gauche et 25,9% pour la coronaire droite). Les études portant uniquement sur la Corevalve retrouvent des taux de 2,1% pour Chetcuti *et al.*⁶⁰, 6% pour Allali *et al.*⁶² et jusqu'à 44% pour Boukantar *et al.*⁶⁶. Comme dans la littérature, notre travail confirme la difficulté de cathétérisation sélective de la coronaire droite avec la prothèse Corevalve.

Enfin, concernant les angioplasties, le taux de succès dans la littérature varie entre 82 et 100%^{60,68} alors que nous avons obtenus un taux de 97,2% avec seulement 2 échecs (taux de succès respectifs de 97,3% pour la prothèse Edwards et 97,0% pour la prothèse Medtronic). L'angioplastie est possible dans la plupart des cas avec une valve Sapien dans la littérature^{61,64}. Pour la valve Corevalve, les taux varient de 86% à 100%^{60,62,66,68}.

Notre étude comporte plusieurs limites

- Il s'agit d'un travail rétrospectif. Ne pouvant nous aider d'un registre existant, les procédures ont été retrouvées en interrogeant les opérateurs des centres. Il existe aussi des données manquantes principalement par défaut de remplissage des logiciels de compte-rendu de coronarographie. Néanmoins, en nous déplaçant dans les 6 centres participants et après relecture de l'ensemble des films de coronarographie, nous avons pu récupérer une quantité de données permettant une analyse pertinente sur une grande population.
- Le caractère multicentrique de ce travail a permis l'augmentation du nombre de patients inclus pour en faire une des plus large cohorte étudiée (120 patients avec 143 procédures). Cependant, cela a conduit à une hétérogénéité des patients et des habitudes différentes selon les opérateurs et centres. Cette hétérogénéité rend difficile l'analyse des sous-groupes de patients et les causes d'échec des procédures. Une poursuite de l'étude pour une population plus grande et exhaustive reste donc nécessaire.

6. Conclusion

L'accessibilité aux coronaires post-TAVI est un sujet d'actualité au vu de l'élargissement des indications du TAVI chez des patients de plus en plus jeunes et donc plus à risque de développer une coronaropathie. Notre travail montre bien que l'accessibilité aux coronaires est plus difficile suite à l'implantation d'une bioprothèse TAVI et notamment avec la prothèse Medtronic. Il montre aussi que les opérateurs ont souvent abordé ces coronarographies de la même manière que les procédures du quotidien. A l'avenir, les opérateurs devront être sensibilisés à la problématique et développer des outils et des techniques permettant de réaliser ces gestes dans de bonnes conditions avec un taux de succès augmenté.

Liste des collaborateurs :

Nouvelle Clinique Tourangelle (NCT+), Tours : Docteur BAR Olivier, Docteur CHASSAING Stéphane

CHU Clermont-Ferrand : Professeur SOUTEYRAND Géraud, Docteur Nicolas COMBARET

Hôpital Privé Parly 2, Le Chesnay : Docteur DAMBRIN Grégoire

Hôpital Louis Pasteur, Chartres : Docteur RANGÉ Grégoire

Clinique Saint Hilaire, Rouen : Docteur GODIN Matthieu

7. Bibliographie

1. Egebo, G. W., Schirmer, H., Heggelund, G., Lunde, P. & Rasmussen, K. The evolving epidemiology of valvular aortic stenosis. The Tromsø Study. *Heart* **99**, 396–400 (2013).
2. Nkomo, V. T. *et al.* Burden of valvular heart diseases: a population-based study. *The Lancet* **368**, 1005–1011 (2006).
3. Falk, V. *et al.* ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease (2017).
4. Piazza, N. *et al.* Anatomy of the Aortic Valvar Complex and Its Implications for Transcatheter Implantation of the Aortic Valve. *Circ Cardiovasc Interv* **1**, 74–81 (2008).
5. Rosenhek, R. *et al.* Natural History of Very Severe Aortic Stenosis. *Circulation* **121**, 151–156 (2010).
6. Rossebø, A. B. *et al.* Intensive Lipid Lowering with Simvastatin and Ezetimibe in Aortic Stenosis. *N Engl J Med* **359**, 1343–1356 (2008).
7. Iung, B. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *European Heart Journal* **24**, 1231–1243 (2003).
8. Cribier A, Letac B. Two years' experience of percutaneous balloon valvuloplasty in aortic stenosis. *Herz. avr* 1988;13(2)-110-8.
9. Cribier, A. *et al.* Percutaneous Transcatheter Implantation of an Aortic Valve Prosthesis for Calcific Aortic Stenosis: First Human Case Description. *Circulation* **106**, 3006–3008 (2002).
10. Nashef, S. A. M. *et al.* EuroSCORE II. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* **41**, 734–745 (2012).
11. O'Brien, S. M. *et al.* The Society of Thoracic Surgeons 2008 Cardiac Surgery Risk Models: Part 2—Isolated Valve Surgery. *The Annals of Thoracic Surgery* **88**, S23–S42 (2009).
12. Smith, C. R. *et al.* Transcatheter versus Surgical Aortic-Valve Replacement in High-Risk Patients. *The New England Journal of Medicine* **12** (2011).
13. Kodali, S. K. *et al.* Two-Year Outcomes after Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement. *N Engl J Med* **366**, 1686–1695 (2012).
14. Adams, D. H. *et al.* Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Self-Expanding Prosthesis. *N Engl J Med* **370**, 1790–1798 (2014).
15. Popma, J. J. *et al.* Transcatheter Aortic Valve Replacement Using a Self-Expanding Bioprosthesis in Patients With Severe Aortic Stenosis at Extreme Risk for Surgery. *Journal of the American College of Cardiology* **63**, 1972–1981 (2014).

16. Schymik, G. *et al.* European Experience With the Second-Generation Edwards SAPIEN XT Transcatheter Heart Valve in Patients With Severe Aortic Stenosis. *JACC: Cardiovascular Interventions* **8**, 657–669 (2015).
17. Linke, A. *et al.* Treatment of aortic stenosis with a self-expanding transcatheter valve: the International Multi-centre ADVANCE Study. *European Heart Journal* **35**, 2672–2684 (2014).
18. Makkar, R. R. *et al.* Five-Year Outcomes of Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement. *N Engl J Med* **382**, 799–809 (2020).
19. Leon, M. B. *et al.* Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *N Engl J Med* **374**, 1609–1620 (2016).
20. Reardon, M. J. *et al.* Surgical or Transcatheter Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *N Engl J Med* **376**, 1321–1331 (2017).
21. Thyregod, H. G. H. *et al.* Five-Year Clinical and Echocardiographic Outcomes From the NOTION Randomized Clinical Trial in Patients at Lower Surgical Risk. *Circulation* **139**, 2714–2723 (2019).
22. Mack, M. J. *et al.* Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Balloon-Expandable Valve in Low-Risk Patients. *N Engl J Med* **380**, 1695–1705 (2019).
23. Popma, J. J. *et al.* Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Self-Expanding Valve in Low-Risk Patients. *N Engl J Med* **380**, 1706–1715 (2019).
24. Kolte, D. *et al.* Transcatheter Versus Surgical Aortic Valve Replacement in Low-Risk Patients. *Journal of the American College of Cardiology* **74**, 1532–1540 (2019).
25. Silaschi, M. *et al.* Transcatheter valve-in-valve implantation versus redo surgical aortic valve replacement in patients with failed aortic bioprostheses. *Interact CardioVasc Thorac Surg* **24**, 63–70 (2017).
26. Dvir, D. *et al.* Transcatheter Aortic Valve Implantation in Failed Bioprosthetic Surgical Valves. *JAMA* **312**, 162 (2014).
27. Fuchs, A. *et al.* Commissural Alignment of Bioprosthetic Aortic Valve and Native Aortic Valve Following Surgical and Transcatheter Aortic Valve Replacement and its Impact on Valvular Function and Coronary Filling. *JACC: Cardiovascular Interventions* **11**, 1733–1743 (2018).
28. Achenbach, S. *et al.* SCCT expert consensus document on computed tomography imaging before transcatheter aortic valve implantation (TAVI)/transcatheter aortic valve replacement (TAVR). *Journal of Cardiovascular Computed Tomography* **6**, 366–380 (2012).
29. Yudi, M. B., Sharma, S. K., Tang, G. H. L. & Kini, A. Coronary Angiography and

Percutaneous Coronary Intervention After Transcatheter Aortic Valve Replacement. *Journal of the American College of Cardiology* **71**, 1360–1378 (2018).

30. Katsanos, S. *et al.* Position of Edwards SAPIEN transcatheter valve in the aortic root in relation with the coronary ostia: Implications for percutaneous coronary interventions. *Cathet. Cardiovasc. Intervent.* **85**, 480–487 (2015).

31. Mendiz, O. A., Fraguas, H., Lev, G. A., Valdivieso, L. R. & Favalloro, R. R. Transcatheter aortic valve implantation without balloon predilation: A single-center pilot experience: TAVI Without Balloon Predilation. *Cathet. Cardiovasc. Intervent.* **82**, 292–297 (2013).

32. Bramlage, P., Strauch, J. & Schröfel, H. Balloon expandable transcatheter aortic valve implantation with or without pre-dilation of the aortic valve – rationale and design of a multicenter registry (EASE-IT). *BMC Cardiovasc Disord* **14**, 160 (2014).

33. Ben-Dor, I. *et al.* Complications and Outcome of Balloon Aortic Valvuloplasty in High-Risk or Inoperable Patients. *JACC: Cardiovascular Interventions* **3**, 1150–1156 (2010).

34. Abdel-Wahab, M. *et al.* Comparison of Balloon-Expandable vs Self-expandable Valves in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement: The CHOICE Randomized Clinical Trial. *JAMA* **311**, 1503 (2014).

35. Rogers, T. *et al.* Contemporary transcatheter aortic valve replacement with third-generation balloon-expandable versus self-expanding devices. *J Intervent Cardiol* **30**, 356–361 (2017).

36. Chakravarty, T. *et al.* Subclinical leaflet thrombosis in surgical and transcatheter bioprosthetic aortic valves: an observational study. *The Lancet* **389**, 2383–2392 (2017).

37. Seeger, J., Gonska, B., Otto, M., Rottbauer, W. & Wöhrle, J. Cerebral Embolic Protection During Transcatheter Aortic Valve Replacement Significantly Reduces Death and Stroke Compared With Unprotected Procedures. *JACC: Cardiovascular Interventions* **10**, 2297–2303 (2017).

38. Werner, N. *et al.* Incidence and Clinical Impact of Stroke Complicating Transcatheter Aortic Valve Implantation: Results From the German TAVIRegistry: Stroke Complicating TAVI. *Cathet. Cardiovasc. Intervent.* **88**, 644–653 (2016).

39. Ribeiro, H. B. *et al.* Predictive Factors, Management, and Clinical Outcomes of Coronary Obstruction Following Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Journal of the American College of Cardiology* **62**, 1552–1562 (2013).

40. Gurvitch, R., Cheung, A., Bedogni, F. & Webb, J. G. Coronary obstruction following transcatheter aortic valve-in-valve implantation for failed surgical bioprostheses. *Cathet. Cardiovasc. Intervent.* **77**, 439–444 (2011).

41. Ribeiro, H. B. *et al.* Incidence, predictors, and clinical outcomes of coronary obstruction following transcatheter aortic valve replacement for degenerative bioprosthetic surgical valves: insights from the VIVID registry. *European Heart Journal* **39**, 687–695 (2018).
42. Toggweiler, S. *et al.* 5-Year Outcome After Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Journal of the American College of Cardiology* **61**, 413–419 (2013).
43. Goel, S. S. *et al.* Severe Aortic Stenosis and Coronary Artery Disease—Implications for Management in the Transcatheter Aortic Valve Replacement Era. *Journal of the American College of Cardiology* **62**, 1–10 (2013).
44. López Otero, D. *et al.* Impact of Coronary Revascularization in Patients Who Underwent Transcatheter Aortic Valve Implantation. *The American Journal of Cardiology* **123**, 948–955 (2019).
45. Bonow, R. O. *et al.* ACC/AHA 2006 Guidelines for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Revise the 1998 Guidelines for the Management of Patients With Valvular Heart Disease): *Developed in Collaboration With the Society of Cardiovascular Anesthesiologists : Endorsed by the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions and the Society of Thoracic Surgeons.* *Circulation* **114**, (2006).
46. Lund, O., Nielsen, T. T., Pilegaard, H. K., Magnussen, K. & Knudsen, M. A. The influence of coronary artery disease and bypass grafting on early and late survival after valve replacement for aortic stenosis. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* **100**, 327–337 (1990).
47. Faroux, L. *et al.* Coronary Artery Disease and Transcatheter Aortic Valve Replacement. *Journal of the American College of Cardiology* **74**, 362–372 (2019).
48. D’Ascenzo, F. *et al.* Independent impact of extent of coronary artery disease and percutaneous revascularisation on 30-day and one-year mortality after TAVI: a meta-analysis of adjusted observational results. *EuroIntervention* **14**, e1169–e1177 (2018).
49. Abdel-Wahab, M. *et al.* Transcatheter aortic valve implantation in patients with and without concomitant coronary artery disease: comparison of characteristics and early outcome in the German multicenter TAVI registry. *Clin Res Cardiol* **101**, 973–981 (2012).
50. Kotronias, R. A. *et al.* Transcatheter Aortic Valve Implantation With or Without Percutaneous Coronary Artery Revascularization Strategy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA* **6**, (2017).
51. Witberg, G. *et al.* The Prognostic Effects of Coronary Disease Severity and Completeness of Revascularization on Mortality in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement. *JACC: Cardiovascular Interventions* **10**, 1428–1435 (2017).

52. Taha, S. *et al.* Impact of residual coronary artery disease on patients undergoing TAVI: A meta-analysis of adjusted observational studies. *International Journal of Cardiology* **181**, 77–80 (2015).
53. Stefanini, G. G. *et al.* Coronary artery disease severity and aortic stenosis: clinical outcomes according to SYNTAX score in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation. *Eur Heart J* **35**, 2530–2540 (2014).
54. Khawaja MZ, Asrress KN, Haran H, et al. The effect of coronary artery disease defined by quantitative coronary angiography and SYNTAX score upon outcome after transcatheter aortic valve implantation (TAVI) using the Edwards bioprosthesis. *EuroIntervention* 2015.
55. Pesarini, G. *et al.* Functional Assessment of Coronary Artery Disease in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Implantation: Influence of Pressure Overload on the Evaluation of Lesions Severity. *Circ Cardiovasc Interv* **9**, (2016).
56. Goel, S. S. *et al.* Percutaneous Coronary Intervention in Patients With Severe Aortic Stenosis: Implications for Transcatheter Aortic Valve Replacement. *Circulation* **125**, 1005–1013 (2012).
57. Conradi, L. *et al.* First experience with transcatheter aortic valve implantation and concomitant percutaneous coronary intervention. *Clin Res Cardiol* **100**, 311–316 (2011).
58. Bajaj, A., Pancholy, S., Sethi, A. & Rathor, P. Safety and feasibility of PCI in patients undergoing TAVR: A systematic review and meta-analysis. *Heart & Lung* **46**, 92–99 (2017).
59. Griese, D. P. *et al.* Concomitant coronary intervention is associated with poorer early and late clinical outcomes in selected elderly patients receiving transcatheter aortic valve implantation. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* **46**, e1–e7 (2014).
60. Chetcuti, S., Kleiman, N., Matthews, R., Popma, J. J. & Moore, J. TCT-743 Percutaneous Coronary Intervention after Self-Expanding Transcatheter Aortic Valve Replacement. *Journal of the American College of Cardiology* **68**, B300–B301 (2016).
61. Blumenstein, J. *et al.* Challenges of coronary angiography and intervention in patients previously treated by TAVI. *Clin Res Cardiol* **104**, 632–639 (2015).
62. Allali, A. *et al.* Incidence, feasibility and outcome of percutaneous coronary intervention after transcatheter aortic valve implantation with a self-expanding prosthesis. Results from a single center experience. *Cardiovascular Revascularization Medicine* **17**, 391–398 (2016).
63. Chieffo, A. *et al.* Routine Screening of Coronary Artery Disease With Computed Tomographic Coronary Angiography in Place of Invasive Coronary Angiography in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement. *Circ Cardiovasc Interv* **8**, (2015).
64. Htun, W. W., Grines, C. & Schreiber, T. Feasibility of coronary angiography and

percutaneous coronary intervention after transcatheter aortic valve replacement using a Medtronic™ self-expandable bioprosthetic valve. *Catheter Cardiovasc Interv* **91**, 1339–1344 (2018).

65. Chieffo A. et al. Routine screening of coronary artery disease with computed tomographic coronary angiography in place of invasive coronary angiography in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement. *Circ Cardiovasc Interv* (2015).

66. Boukantar, M. et al. Coronary Procedures After TAVI With the Self-Expanding Aortic Bioprosthesis Medtronic CoreValve™, Not an Easy Matter: CHALLENGES OF CORONARY PROCEDURES AFTER COREVALVE™ IMPLANTATION. *Journal of Interventional Cardiology* **30**, 56–62 (2017).

67. Jackson, M. & Williams, P. D. Coronary access following TAVI – Selective coronary engagement using balloon-assisted tracking of a guide catheter extension. *Cardiovascular Revascularization Medicine* **19**, 384–389 (2018).

68. Zivelonghi, C. et al. Coronary Catheterization and Percutaneous Interventions After Transcatheter Aortic Valve Implantation. *The American Journal of Cardiology* **120**, 625–631 (2017).

8. Annexes

Tableau 1 : Répartitions du nombre de prothèses, de leur type et de leur taille pour les procédures de chacun des 6 centres.

	CHRU TOURS	CLERMONT-FERRAND	NCT + TOURS	ROUEN	CHARTRES	PARLY 2	TOTAL
Nombres de patients	38	45	14	7	7	9	120
Nombres de procédures	40	51	21	7	10	14	143
Procédures avec prothèse EDWARDS	23	20	9	5	4	6	67
SAPIEN XT	2	8	2	0	0	1	13
23mm	1	4	1	0	0	1	7
26mm	1	2	0	0	0	0	3
29mm	0	2	1	0	0	0	3
SAPIEN 3	21	12	7	5	4	5	54
23mm	5	3	1	1	1	1	12
26mm	6	5	4	3	1	4	23
29mm	10	4	2	1	1	0	18
Procédures avec prothèse MEDTRONIC	17	31	12	2	6	8	76
COREVALVE	5	17	3	0	6	6	37
26mm	3	7	0	0	4	3	17
29mm	2	10	3	0	0	2	17
31mm	0	0	0	0	1	0	1
EVOLUT R	12	10	9	1	0	2	34
23 mm	3	0	3	0	0	0	6
26mm	1	2	2	0	0	1	6
29mm	6	5	3	1	0	0	15
34mm	2	3	1	0	0	1	7
EVOLUT PRO	0	4	0	1	0	0	5
26mm	0	2	0	1	0	0	3
29mm	0	2	0	0	0	0	2

Tableau 2 : Caractéristiques de base des patients et comparaison entre les patients avec prothèses Edwards et patients avec prothèses Medtronic

	Total patients (n=120)	Prothèses Edwards (n=63)	Prothèses Medtronic (n=57)	p
Age (moyenne, années)	82,0 +/- 7,7	83,1	80,9	0,118
Sexe Masculin (n, %)	79 (65,8%)	44 (69,8%)	35 (61,4%)	0,33
Facteurs de risques cardiovasculaires				
IMC (moyenne, kg/m2)	26,7 +/- 5,5	26	27,6	0,03
HTA (n,%)	100 (83,3%)	51 (80,9%)	49 (86%)	0,461
Diabète (n,%)	35 (29,2%)	19 (30,1%)	16 (28,1%)	0,801
Tabagisme actif (n,%)	11 (9,2%)	5 (7,9%)	6 (10,5%)	0,623
Dyslipidémie (n,%)	71 (59,1%)	34 (54%)	37 (64,9%)	0,223
Hérédité coronarienne (n,%)	17 (14,1%)	5 (7,9%)	12 (21%)	0,04
Coronaropathie connue (stent/PAC) (n,%)	59 (49,2%)	28 (44,4%)	31 (54,4%)	0,277
AOMI (n,%)	19 (15,8%)	9 (14,3%)	10 (17,5%)	0,625
Créatinine (moyenne, µmol/l)	109 +/- 64	106	113	0,32

Tableau 3 : Indications des procédures post-TAVI et comparaison entre procédures avec prothèses Edwards et procédures avec prothèses Medtronic

Indications procédures post-TAVI	Total procédures (n=143)	Prothèses Edwards (n=67)	Prothèses Medtronic (n=76)	p
Ischémie silencieuse	32 (22,4%)	15 (7,5%)	17 (22,4%)	1
Angor stable	35 (24,5%)	18 (26,9%)	17 (22,4%)	0,823
NSTEMI	57 (39,8%)	23 (34,3%)	34 (44,7%)	0,447
STEMI	10 (7%)	2 (3,0%)	8 (10,5%)	0,03
Bilan pré-opératoire	9 (6,3%)	9 (13,4%)	0	-

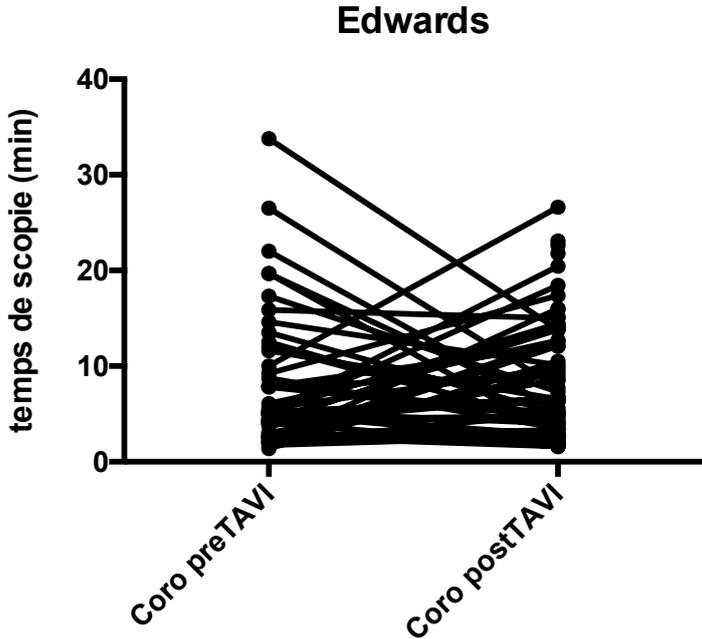
Tableau 4 : Comparaison des procédures pré et post-TAVI pour les prothèses Edwards

PROTHESES EDWARDS (n=67)	PROCÉDURES PRÉ-TAVI	PROCÉDURES POST-TAVI	p
Temps de scopie (moyenne, min)	7,9	9,91	0,454
Temps de procédure (moyenne, min)	29,7	30,41	0,778
Volume d'iode (moyenne, ml)	107	115	0,773
Voie d'abord			
Radiale gauche	29	31	
Radiale droite	13	23	
Fémorale gauche	3	3	
Fémorale droite	13	10	
Autres (humérale ou ulnaire gauche)	0	0	
Taille désilet			
4 French	22	21	
5 French	22	16	
6 French	15	28	
7 French	1	2	
8 French	0	0	
Nombre de sondes utilisées	2,25	2,12	0,304
Sondes utilisées pour cathériser coronaire gauche			
Judkins Left	40	48	
Judkins Right	0	1	
Amplatz Left	2	1	
Amplatz Right	0	0	
Amplatz Left-Rigt 1-2	0	0	
Tiger	0	3	
XB	0	1	
Multipurpose	1	0	
EBU	0	2	
BC	0	1	
Launcher Judkins Left	0	0	
Launcher EBU	0	1	
Sondes utilisées pour cathériser coronaire droite			
Judkins Left	1	0	
Judkins Right	42	45	
Amplatz Left	7	3	
Amplatz Right	1	0	
Amplatz Left-Rigt 1-2	0	0	
XB	0	0	
Multipurpose	1	1	
Tiger	0	3	
3DRC	0	0	
EBU	0	1	
Launcher Judkins Right	0	0	
Launcher Amplatz Left	0	1	
Launcher EBU	0	0	
Accessibilité coronaire gauche			
Facile	60	59	0,0625
Difficile	0	6	
Impossible / Aortographie seule	0	0	
Non recherché	0	2	
Accessibilité coronaire droite			
Facile	60	53	0,125
Difficile	0	5	
Impossible / Aortographie seule	0	2	
Non recherché	0	7	

Tableau 5 : Comparaison des procédures pré et post-TAVI pour les prothèses Medtronic

PROTHÈSES MEDTRONIC (n=76)	PROCÉDURES PRÉ-TAVI	PROCÉDURES POST-TAVI	p
Temps de scopie (moyenne, min)	7,96	14,16	< 0,0001
Temps de procédure (moyenne, min)	30,6	37,59	0,035
Volume d'iode (moyenne, ml)	114	120,3	0,363
Voie d'abord			
Radiale gauche	25	33	
Radiale droite	22	23	
Fémorale gauche	7	2	
Fémorale droite	9	14	
Autres (humérale ou ulnaire gauche)	0	2	
Taille désilet			
4 French	22	10	
5 French	26	19	
6 French	8	45	
7 French	6	1	
8 French	0	1	
Nombre de sondes utilisées	2,3	2,45	0,743
Sondes utilisées pour cathéteriser coronaire gauche			
Judkins Left	52	43	
Judkins Right	0	0	
Amplatz Left	1	5	
Amplatz Right	3	0	
Amplatz Left-Rigt 1-2	1	1	
Tiger	0	0	
XB	3	5	
Multipurpose	0	4	
EBU	0	2	
BC	0	1	
Launcher Judkins Left	0	4	
Launcher EBU	0	5	
Sondes utilisées pour cathéteriser coronaire droite			
Judkins Left	6	1	
Judkins Right	43	39	
Amplatz Left	2	3	
Amplatz Right	4	1	
Amplatz Left-Rigt 1-2	1	0	
XB	3	0	
Multipurpose	0	5	
Tiger	0	0	
3DRC	1	1	
EBU	0	0	
Launcher Judkins Right	0	0	
Launcher Amplatz Left	0	0	
Launcher EBU	0	2	
Accessibilité coronaire gauche			
Facile	63	42	< 0,0001
Difficile	0	27	
Impossible/Aortographie seule	0	6	
Non recherché	0	1	
Accessibilité coronaire droite			
Facile	62	28	< 0,0001
Difficile	0	15	
Impossible/Aortographie seule	1	15	
Non recherché	0	18	

Graphique 1 : Représentation graphique du test d'appariement des temps de scopie des procédures avant et après TAVI pour les prothèses Edwards



Graphique 2 : Représentation graphique du test d'appariement des temps de scopie des procédures avant et après TAVI pour les prothèses Medtronic

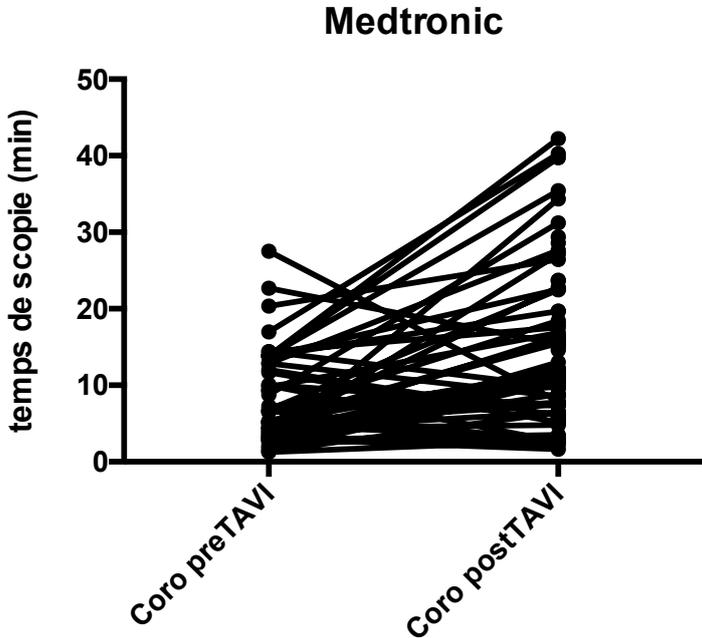


Tableau 6 : Détails des types et tailles de cathéters utilisés lors des procédures post-TAVI pour les prothèses Edwards et Medtronic

	Prothèses EDWARDS	Prothèses MEDTRONIC
Coronaire gauche		
Judkins Left	48	43
Judkins Left 3,5	20	27
Judkins Left 4,0	24	15
Judkins Left 4,5	3	0
Judkins Left 5	1	0
Judkins Left 6	0	1
Judkins Rigt	1	0
Judkins Right 4,0	1	0
Amplatz	1	6
Amplatz Left 1	1	4
Amplatz Left 2	0	1
Amplatz Right 2	0	0
Amplatz Left-Rigt 1-2	0	1
Coronaire droite		
Judkins Left	0	1
Judkins Left 3,5	0	1
Judkins Rigt	45	39
Judkins Right 3,5	8	5
Judkins Right 4,0	37	33
Judkins Right 5,0	0	1
Amplatz	3	4
Amplatz Left 1	3	2
Amplatz Left 2	0	1
Amplatz Right 1	0	1
Amplatz Right 2	0	0
Amplatz Left-Rigt 1-2	0	0

Vu, le Directeur de Thèse

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

**Vu, le Doyen
De la Faculté de Médecine de
Tours
Tours, le**

Maëva Gourraud

65 pages – 11 figures – 6 tableaux– 2 graphiques

Résumé :

Objectif. Les prothèses aortiques implantées par voie percutanée (TAVI) bénéficient à des patients de plus en plus jeunes en raison de l'extension des indications. L'accessibilité aux coronaires après TAVI peut se révéler techniquement difficile. L'objectif de ce travail est d'étudier la faisabilité d'une coronarographie et/ou d'une angioplastie post-TAVI et de comparer les différences entre les 2 principaux types de prothèses Corevalve (MEDTRONIC) et Sapien (EDWARDS).

Matériels et méthodes. De 2009 à 2020, nous avons réalisé une étude observationnelle multicentrique (6 centres français) rétrospective en regroupant tous les patients porteurs d'un TAVI ayant bénéficié d'une coronarographie et/ou d'une angioplastie. 143 procédures ont pu être analysées chez 120 patients dont 67 procédures avec une prothèse Sapien et 76 procédures avec une prothèse Corevalve.

Résultats. L'angiographie des coronaires gauche et droite ont été respectivement possibles dans 95,7% et 85,6% des cas avec une différence statistiquement significative ($p=0,013$). En comparant les coronarographies avant et après TAVI avec la prothèse Corevalve, nous retrouvons une cathétérisation sélective des coronaires gauche et droite plus difficile ($p<0.0001$ et $p<0,001$), des temps de scopie et de procédure augmentés (respectivement 7,96min vs 14,16min ($p<0,001$) et 30,6min vs 37,59min ($p=0.035$)). L'analyse des procédures avec les prothèses Sapien ne montrait pas de différence significative sur ces critères. Nous retrouvons une utilisation majoritaire des cathéters type Judkins pour les deux types de prothèses.

Conclusion. L'accessibilité aux coronaires semble techniquement plus difficile après implantation d'un TAVI avec prothèse Corevalve. Le développement d'outils dédiés et de techniques spécifiques pourrait permettre de simplifier ces procédures.

Mots clés : angiographie coronaire, coronarographie, coronaropathie, TAVI, implantation valve aortique percutanée, remplacement valvulaire aortique percutané.

Jury :

Président du Jury : Professeur Dominique BABUTY
Directeur de thèse : Docteur Christophe SAINT ETIENNE
Membres du Jury : Professeur Denis ANGOULVANT
Professeur Thierry BOURGUIGNON
Docteur Pierre MARCOLLET

Date de soutenance : 27 Octobre 2020