

Tableau des matières

I. INTRODUCTION.....	10
I. 1. DÉFINITION.....	10
I. 2. HISTORIQUE.....	12
I. 3. CONTEXTE.....	15
II. PATIENTS ET MÉTHODE	18
II. 1. SÉLECTION DES PATIENTS	18
II. 2. BILAN PRÉOPÉRATOIRE.....	19
II. 3. ANESTHÉSIE	20
II. 4. INSTALLATION	21
II. 5. MATÉRIEL.....	22
II. 6. TECHNIQUE OPÉRATOIRE.....	23
II. 6. 1. <i>Abord chirurgical</i>	23
II. 6. 2. <i>Circulation extracorporelle</i>	24
II. 6. 3. <i>Clampage aortique</i>	25
II. 6. 4. <i>Protection myocardique</i>	28
II. 7. GESTES OPÉRATOIRES	29
II. 8. CHIRURGIE ROBOT ASSISTÉE	31
II. 9. SUIVI DES PATIENTS.....	33
II. 10. RECUEIL DE DONNÉES ET ANALYSE STATISTIQUE	33
III. RÉSULTATS.....	35
III. 1. POPULATION GÉNÉRALE.....	35
III. 1. RÉSULTATS PAR PATHOLOGIE TRAITÉE.....	38
III. 1. 1. <i>Chirurgie mitrale</i>	41
III. 1. 1. 1. Vidéo-assistées	41
III. 1. 1. 2. Robot-assistées.....	44
III. 1. 2. <i>Autres chirurgies</i>	44
III. 2. SURVIE GLOBALE ET SURVIE LIBRE DE RÉ-INTERVENTION	45
IV. DISCUSSION.....	48
IV. 1. SÉRIE GLOBALE.....	48
IV. 1. 1. <i>Chirurgie mitrale vidéo-assistée</i>	48
IV. 1. 2. <i>Chirurgie robot assistée</i>	49
IV. 2. PROTECTION MYOCARDIQUE.....	50
IV. 3. CONVERSION ET RÉ-OPÉRATION	51

V. CONCLUSION.....	53
VI. BIBLIOGRAPHIE.....	54
VII. RÉSUMÉ.....	60

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

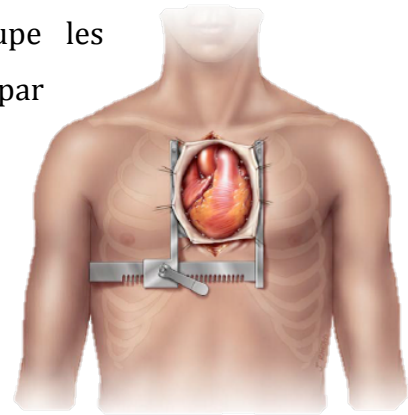
Remerciements

I. Introduction

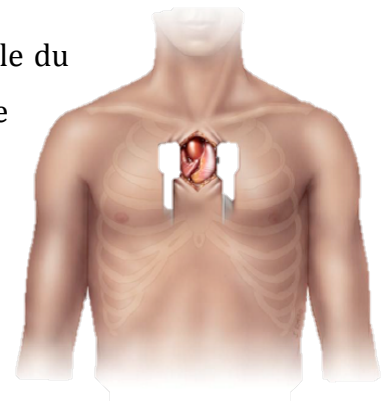
I. I. Définition

La chirurgie cardiaque mini-invasive (CCMI) regroupe les techniques offrant une alternative à la voie d'abord par sternotomie *classique*.

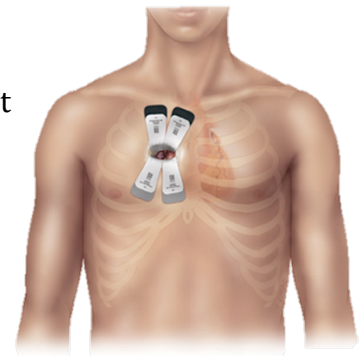
Elle utilise des abords chirurgicaux permettant soit une vision directe, soit une vision par assistance vidéo ou avec recours d'instrumentation robotique. Plusieurs techniques sont décrites :



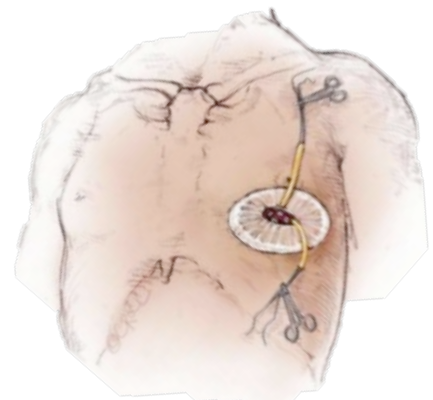
- La mini-sternotomie consiste en une ouverture partielle du sternum avec soit un refend latéral vers un espace intercostal, soit une ouverture médiane avec conservation de la distalité du corps sternal et de la xiphoïde. Elle permet la réalisation de chirurgie de la valve aortique, de l'aorte ascendante et plus marginalement la chirurgie mitrale et tricuspide.



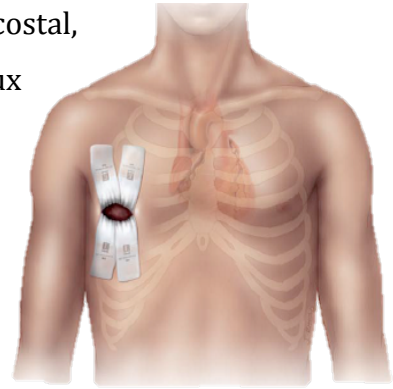
- La thoracotomie antérieure droite au 2^{ème} espace permet la réalisation de chirurgie de la valve aortique.



- La thoracotomie gauche accède à la cavité péricardique gauche et permet la réalisation de chirurgie coronaire, l'implantation de sonde de pacemaker épicaudiques et la voie transapicale pour le TAVI aortique et mitral et fermeture de fuites paravalvulaires.



- La thoracotomie droite, au 4^{ème} ou 5^{ème} espace intercostal, permet un accès à la cavité péricardique droite, aux cavités atrio-ventriculaires droites et gauches. Cette chirurgie peut s'effectuer en vision directe, avec l'assistance d'une caméra endoscopique (chirurgie cardiaque vidéo-assistée) ou avec l'assistance de bras robotisés (chirurgie cardiaque robot-assistée).



I. 2. Historique

En février 1996, les professeurs Carpentier et Loulmet réalisent la première plastie mitrale par thoracotomie droite assistée par caméra vidéo. (1) Leur technique combine la vision directe offerte par une thoracotomie antérieure droite de 7cm à la vision indirecte par l'utilisation d'une caméra vidéo endoscopique. Cette procédure complexe, puisqu'il s'agissait d'une plastie sur une valve rhumatismale sténosante et fuyante, a été faite sur cœur fibrillant avec une température centrale à 28°C. L'aorte n'était pas clampée faute de dispositif adéquat.

L'année 1996 est le témoin d'une véritable course à l'expérimentation sur les voies alternatives à la sternotomie médiane complète. Les équipes de Carpentier en France, Vanermen en Belgique, Cosgrove et Chitwood aux États-Unis posent les jalons de nouvelles approches des pathologies valvulaires cardiaques.(1-4) Les techniques expérimentales ont comparé les abords avec vision directe par mini-sternotomie aux techniques par thoracotomie avec l'assistance de différents dispositifs vidéo : endoscopie rigide 0° - 30° et 45°, souple, 3-dimension. Tous les types de mise en place de circulation extracorporelle ont été testés : de la canulation centrale directe, au système Heart-Port ® qui permettait un clamage endo-aortique par ballon et une canulation du sinus coronaire pour l'administration de cardioplégie rétrograde. Ce dernier qui voulait poser les bases d'une chirurgie tout endoscopique « *port-access* », s'est heurté à de nombreuses complications : dissection aortiques, plaie du sinus coronaire, défaut de protection myocardique, défaut de clamage.(5,6) Le matériel chirurgical utilisé pour ces procédures a évolué pour passer d'instruments récupérés de la chirurgie coelioscopique, à une instrumentation dédiée à la chirurgie cardiaque.

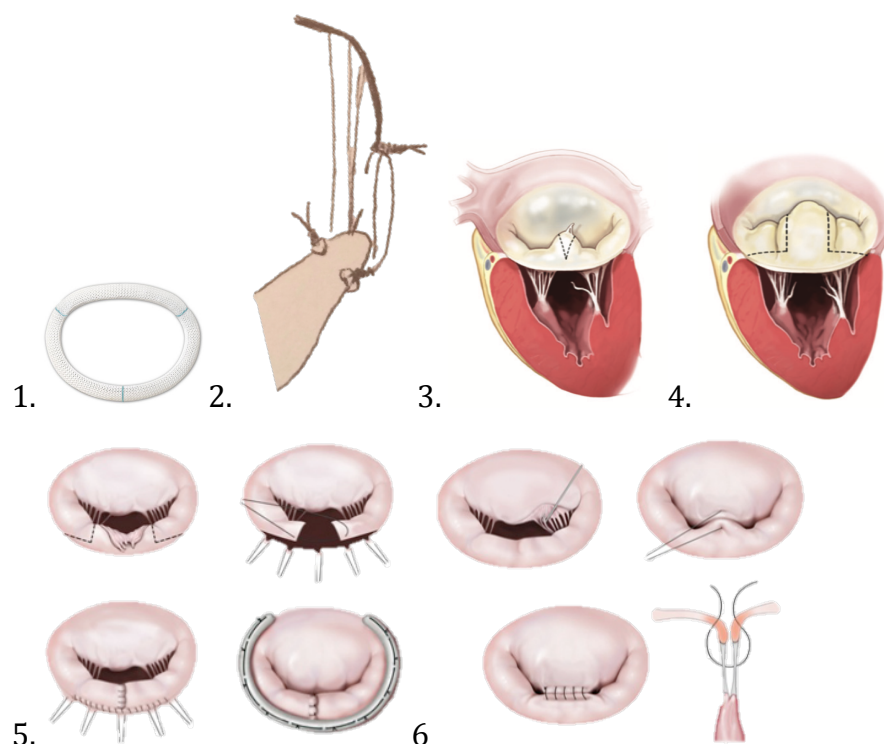
En France, la technique vidéo-assistée sera développée notamment sous l'influence du Pr Obadia de l'équipe lyonnaise qui propose une technique standardisée avec recours à une thoracotomie utilitaire de 4cm sans utilisation d'un écarteur costal.(7) C'est également lui qui rédige le traité de l'Encyclopédie Médico-Chirurgicale sur le sujet.(8)

Au cours de l'année 1998, Carpentier et Mohr réalisent, chacun de leur côté, les premières interventions avec assistance d'un robot manipulateur.(9,10) Ces premières sont des succès mais ces expériences initiales ont impliqué des ressources médicales et

techniques considérables. Le développement de l'outil robotique devra attendre l'épreuve faite dans d'autres spécialités que la chirurgie cardiaque.

Les résultats initiaux de ces approches nouvelles sont encourageants : ils permettent la réalisation de gestes de plus en plus complexes avec une morbi-mortalité acceptable malgré des temps de clampage et de circulation extracorporelle (CEC) plus longs.(3,11,12) Cependant la courbe d'apprentissage longue, et les facteurs économiques ont été un frein à leur démocratisation. Il faudra attendre une dizaine d'années pour que ces techniques se développent dans quelques centres experts.

Parallèlement aux progrès sur les voies d'abord, les techniques chirurgicales de plasties mitrales ont également évolué. L'arsenal thérapeutique incluant les annuloplasties simples (1.), la confection de néocordages de Goretex® (2.), les gestes de résection triangulaire (3.), quadrangulaire (4.), plasties de glissement (5.), les fermetures d'indentation et le point d'Alfieri (6.).



L'évolution s'est faite selon les principes du *respect rather than resect* : c'est à dire privilégiant une approche conservatrice de la valve avec des annuloplasties et

néocordages traitant une majorité de lésions allant du prolapsus de la partie médiane du feuillet postérieur (P2) à la maladie de Barlow telles que décrites par Perier.(13) Cette approche marque le début d'une standardisation des techniques qui sera complétée par la technique des néocordages en boucles de Gore-tex® ancrées sur les piliers du ventricule gauche. Cette technique dite *loop* ou *Miami technique* a fait la preuve de son efficacité et de sa reproductibilité.(14–16)

Aujourd'hui, l'abondance de la littérature et le développement de nouveaux outils dédiés à la chirurgie mini-invasive sont le témoin d'un intérêt de la communauté médicale et de l'industrie.

I. 3. Contexte

La chirurgie valvulaire moderne s'adresse à des patients plus lourds que dans le passé. Une étude de 2011 de la base de donnée de la Society of Thoracic Surgeons (STS) a observé cette évolution avec des patients plus aigus, aux antécédents plus nombreux et avec des pathologies valvulaires plus complexes.⁽¹⁷⁾ On observe également un changement progressif des recommandations qui préconisent une prise en charge de l'insuffisance mitrale organique au stade asymptomatique. Les patients ayant une pathologie moins évoluée (FEVG>60% et DTDVG 40-44mm), présentant une insuffisance mitrale sur rupture de cordage ou une dilatation de l'oreillette gauche doivent être opérés dans les équipes entraînées et rompues aux techniques de plastie.

Indications for intervention in severe primary mitral regurgitation		
Recommendations	Class^a	Level^b
Mitral valve repair should be the preferred technique when the results are expected to be durable.	I	C
Surgery is indicated in symptomatic patients with LVEF >30%. ^{121,131,132}	I	B
Surgery is indicated in asymptomatic patients with LV dysfunction (LVESD ≥45 mm ^c and/or LVEF ≤60%). ^{122,131}	I	B
Surgery should be considered in asymptomatic patients with preserved LV function (LVESD <45 mm and LVEF >60%) and atrial fibrillation secondary to mitral regurgitation or pulmonary hypertension ^d (systolic pulmonary pressure at rest >50 mmHg). ^{123,124}	IIa	B
Surgery should be considered in asymptomatic patients with preserved LVEF (>60%) and LVESD 40–44 mm ^c when a durable repair is likely, surgical risk is low, the repair is performed in a heart valve centre and at least one of the following findings is present: <ul style="list-style-type: none"> ● flail leaflet or ● presence of significant LA dilatation (volume index ≥60 mL/m² BSA) in sinus rhythm. 	IIa	C

Recommandations ESC 2017

Dans ce contexte, les techniques historiques ont dû évoluer pour répondre aux besoins suivants : une diminution de l'agression chirurgicale impliquant une mortalité et morbidité moindre, des durées d'hospitalisation plus courtes, une réduction des douleurs et du préjudice esthétique.

De nombreuses études prospectives non randomisées ont montré que la chirurgie mitrale mini-invasive pouvait être faite avec une morbidité comparable à la chirurgie conventionnelle et avec des résultats à moyen terme équivalents.(12,18–21) Ces résultats s'interprètent sur une population de patients bien sélectionnés dans des centres « experts » en techniques mini-invasives. Une méta-analyse de 2013 regroupant 7 études (une randomisée et six rétrospectives pour un total de 953 patients dans le groupe mini-invasif et 1011 patients dans le groupe sternotomie) a comparé l'approche mini-invasive à la sternotomie pour la chirurgie de plastie mitrale. Il n'y avait pas de différence en terme de mortalité, d'AVC, d'infection de site opératoire, de reprise pour saignement, d'infarctus du myocarde, de fibrillation atriale et de ré-hospitalisation à 30 jours. L'efficacité, définie comme l'absence de fuite mitrale \geq grade 2, était comparable dans les deux groupes. L'approche mini-invasive était associée à des temps de clampage aortique et de CEC plus longs (RR 1,47, $p < 0,001$), un séjour de réanimation plus court (RR 0,77, $p = 0,01$) mais avec un séjour global équivalent.(22)

Ces résultats expliquent le développement de la chirurgie mini-invasive dans le monde. Sa part relative par rapport à la chirurgie conventionnelle est de plus en plus importante. Aux États-Unis la chirurgie mitrale mini-invasive représentait 20% des actes sur la valve mitrale en 2010. (23) En Europe, pour les mêmes indications, les équipes de chirurgie cardiaque allemandes avaient recours à cette voie d'abord dans 13.1% en 2004 ; et dans 45,2% des cas en 2013. (24)

Les défis que doivent relever les techniques mini-invasives sont multiples. Elles doivent avoir une mortalité et morbidité comparable à l'approche par sternotomie médiane. Les techniques doivent être reproductibles et pouvoir être réalisées de manière sûre par un grand nombre de chirurgiens. Le but est de produire des résultats satisfaisant à moyen- et long-terme et d'être applicables à un grand nombre de patients.

Les objectifs de ce travail sont :

- Décrire le programme de chirurgie cardiaque mini-invasif tel qu'il est appliqué dans le service de chirurgie cardiaque de l'Hôpital Charles Nicolle à Rouen.
- Apporter les résultats observés pendant l'hospitalisation des patients.
- Réaliser le suivi des patients opérés.

II. Patients et méthode

II. I. Sélection des patients

Les critères de sélections des patients à une approche mini-invasive concernaient les pathologies suivantes :

- indication à une chirurgie de plastie mitrale (PM) ou de remplacement valvulaire mitral (RVM)
- insuffisance tricuspide (IT) d'indication chirurgicale
- communication inter-atriale (CIA) d'indication opératoire
- tumeur cardiaque localisée dans les cavités atrio-ventriculaires droites ou gauches.

Les contre-indications étaient :

- Les situations à risque de pleurodèse ou brides pleuro-parenchymateuses :
 - Antécédents de chirurgie ou radiothérapie à forte dose de la région thoracique
 - Antécédent d'infection pleuro-parenchymateuse
- Les antécédents compliquant l'installation d'une CEC fémoro-fémoro-jugulaire ou une cardioplégie antérograde par le culot aortique :
 - Thrombose jugulaire droite (contre-indication relative)
 - Artériopathie des membres inférieurs sévère de l'axe ilio-fémoral ou antécédent de chirurgie vasculaire
 - Insuffisance aortique supérieure ou égale à grade II
- Les patients fragiles et les réparations complexes :
 - Altération de la fraction d'éjection avec une fraction d'éjection du ventricule gauche inférieure à 30%
 - Calcifications de l'anneau mitral

II. 2. Bilan préopératoire

Il consiste en un bilan recommandé avant une chirurgie cardiaque, à savoir dans notre centre :

- Numération formule sanguine, plaquettes, bilan hydro-électrolytique, calcium ionisé, bilan hépatique, protidémie, temps de prothrombine, temps de céphaline activée, groupage/rhésus (deux déterminations), recherche d'agglutinines irrégulières, bandelette urinaire, protéine C-réactive
- Électrocardiogramme
- Radiographie de thorax
- Échographie doppler des troncs supra-aortiques et des membres inférieurs
- Coronarographie ou coro-scanner selon l'âge et les facteurs de risques.

De manière spécifique à l'approche mini-invasive, un angio-scanner thoracique et de l'aorte jusqu'à la bifurcation fémorale est demandé. Les éléments recherchés sont :

- Anatomie cardiaque et des gros vaisseaux pouvant modifier la stratégie : veine cave supérieure gauche (difficulté de drainage veineux, retour gauche important), artéria lusoria (modifiant la surveillance en cas de clampage par *endo-ballon*).
- Pathologie pleurale
- Anomalies des axes ilio-fémoraux (vaisseau de petit calibre, sténose, thrombose) contre-indiquant la mise en place d'une CEC fémoro-fémoro-jugulaire.

II. 3. Anesthésie

L'anesthésie générale est réalisée selon les mêmes principes qu'une intervention conventionnelle sous circulation extracorporelle (CEC).

L'intubation orotrachéale est faite avec une sonde à double lumière de Carlens.

Le monitoring hémodynamique du patient se fait à l'aide

- D'un cathéter de pression invasive dans l'artère radiale droite. En cas de clampage aortique par voie endoluminale - *endo-ballon* -, un deuxième cathéter est introduit dans l'artère radiale gauche.
- D'une sonde d'échographie transœsophagienne est mise en place systématiquement pour le contrôle des plasties mitrales et de la position du de l'*endo-ballon*. Dans ces indications elle permet également de suivre la purge des cavités gauches avant le déclampage aortique.
- D'une voie veineuse centrale est positionnée en veine jugulaire gauche afin de laisser la jugulaire droite dans le champ opératoire.

Pour le remplissage vasculaire per-opératoire, deux voies veineuses périphériques de gros calibre sont utilisées.

Le monitoring cérébral consiste en :

- Un monitoring de la perfusion cérébrale transcutanée par spectrométrie proche infra-rouge (NIRS) est systématiquement utilisé par le système INVOS ® (Medtronic PLC, MN, USA).
- Un suivi de la profondeur de sédation par mesure de l'index bi-spectral (BIS).

Des patches de défibrillateurs externes sont mis en place avant le champage du patient.

II. 4. Installation

L'installation se fait en décubitus dorsal. Une poche à pression pour perfusion est glissée sous la ligne médio-claviculaire postérieure droite parallèlement au rachis. La poche est gonflée afin d'obtenir une rotation du thorax de 10-15° antérieurement vers la gauche. Ceci permet une verticalisation du site opératoire et une meilleure exposition du triangle axillaire droit. Le bras droit est installé le long du corps, en position crâniale et postérieure. L'avant-bras est en pronation, main ouverte, le pouce bloqué sous la fesse homolatérale. La position du bras droit est sécurisée à l'aide d'une alèse. Le bras gauche est laissé le long du corps.



II. 5. Matériel

Le matériel chirurgical utilisé regroupe des instruments de préhension pince de Rezzano, ciseaux, porte-aiguilles, passe-fils, pousse-nœuds, rétracteur mitral usinés pour la chirurgie cardiaque mini-invasive (Delacroix-Chevallier).



Ciseaux utilisés dans la chirurgie vidéo-assistée



Pince de préhension, ciseau et porte-aiguille de l'instrumentation robotique

Une caméra vidéo de 10mm optique 30° (Karl Storz) est utilisée. Elle est maintenue à l'aide d'un bras Martin.

L'utilisation de l'écarteur costal était proscrit pour limiter les lésions du nerf intercostal. Les tissus sont écartés à l'aide de dispositifs spécifiques : Soft Tissue Retractor ® (Ewards Lifesciences) ou Alexis ® (Applied Medical).

II. 6. Technique opératoire

II. 6. 1. Abord chirurgical

L'abord chirurgical consiste en une thoracotomie antérieure droite réalisée au 4^{ème} espace intercostal. Sa longueur est de 4 à 6cm et est centrée sur la ligne axillaire antérieure. Chez la femme l'incision cutanée est faite dans le pli du sein pour ensuite monter jusqu'à l'espace intercostal choisi. Une incision péri-aréolaire a également été testée pour quelques patients de sexe masculin.

Pour la chirurgie vidéo-assistée : l'optique, l'écarteur atrial, les passes-fils d'exposition et le cas échéant le clamp aortique de Chitwood sont passés dans les espaces intercostaux sans recours à des trocards afin de minimiser les douleurs post-opératoires.

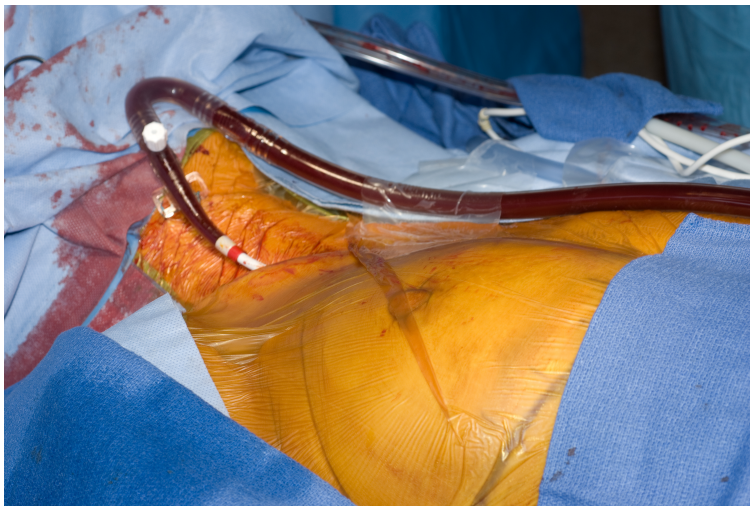
L'incision du péricarde sur sa face pleurale droite est faite en U concave antérieurement en restant à distance du nerf phrénique droit. Des points de suspension sont ensuite passés pour tendre le *flap* péricardique latéralement à droite et la partie médiastinale du péricarde est tendue antérieurement.

L'abord des cavités droites se faisait par une atriectomie classique. Les cavités gauches étaient abordées après dissection du sillon inter-atrial.

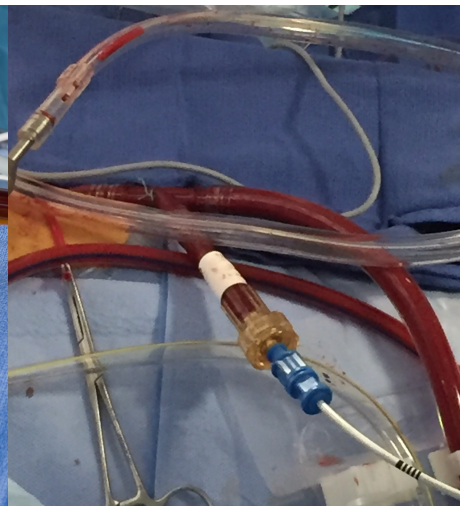
II. 6. 2. Circulation extracorporelle

La CEC est mise en place avec un double drainage veineux par une canule jugulaire droite, introduite en percutanée entre les deux chefs claviculaire du muscle sterno-cléido-mastoïdien, et une canule fémorale droite introduite après abord chirurgical. Un drainage « actif » est réalisé par pression négative appliquée sur le réservoir de cardiectomie.

Une canule artérielle est introduite dans l'artère fémorale droite par ponction sous contrôle de la vue. Une canule de 17 à 21Fr était utilisée lors des procédures avec clampage par clamp de Chitwood. Une canule bifurquée 23Fr était utilisé en cas de clampage par le système Intraclude ® (Edwards Lifesciences).



Canulation veineuse jugulaire droite



Canulation fémorale artérielle droite
(canule veineuse fémorale cachée par le champ)

Une insufflation de CO₂ dans la cavité thoracique et péricardique était réalisée par le biais d'une voie spécifique présente sur l'écarteur atrial trans-thoracique. Son utilisation était systémique pour tous les types d'opération.

II. 6. 3. Clampage aortique

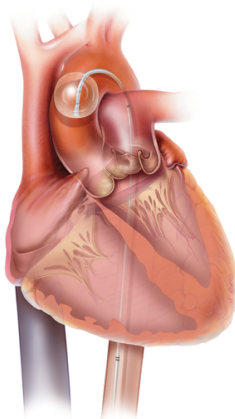
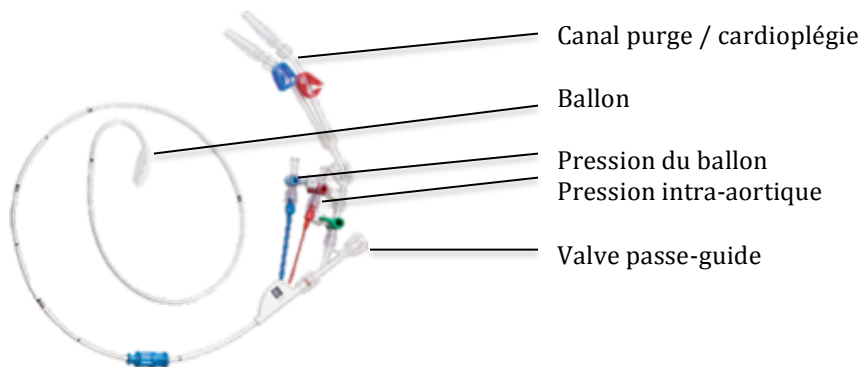
Deux types de clampage sont utilisés :

1. Le clamp de Chitwood a été conçu comme un clamp de clampage de l'aorte ascendante par voie trans-thoracique.



Son profil tubulaire et son mécanisme d'ouverture permettent un fonctionnement avec ou sans trocart. Son utilisation implique la mise en place d'une canule de cardioplégie. Celle-ci est passée à travers la thoracotomie et fixée à l'aide d'une bourse appuyée sur *pledgets* de téflon (atèle protégeant de l'effet de cisaillement du fil de la bourse).

2. L'Intracluse ® (Edwards Lifesciences) est un ballon de clampage aortique endoluminal introduit à travers une canule fémorale artérielle bifurquée qui assure d'une part un débit venant de la machine de CEC et de l'autre d'étanchéité autour du cathéter portant le ballon.



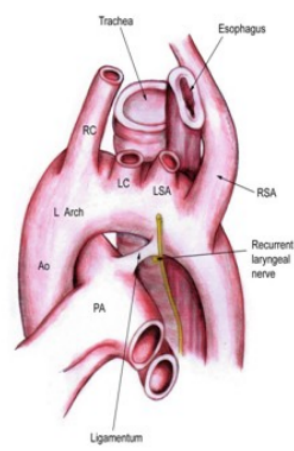
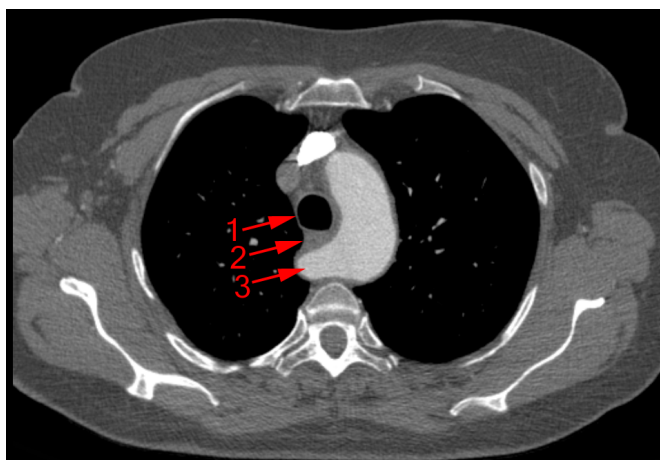
Le clampage par ballon endo-aortique permet :

- une isolation efficace du culot aortique du reste de la circulation systémique
- un passage de la solution de cardioplégie permettant l'arrêt cardiaque
- une aspiration de la racine aortique assurant la purge des cavités gauche à la fin du geste opératoire

La montée du ballon se fait à l'aide d'un guide J 0.035" sans contrôle visuel jusqu'à l'aorte thoracique descendante puis par repérage du guide à l'ETO. Le ballon est positionné dans l'aorte ascendante à la jonction sino-tubulaire (JST). Une analyse du scanner préopératoire permet d'anticiper les difficultés au point de ponction et pour la montée du guide. Une aorte ascendante à plus de 40mm de diamètre contre-indique son utilisation.

La surveillance du bon positionnement de l'Intracluse est double. Premièrement grâce à la sonde d'ETO laissée en place tout au long de l'intervention. Deuxièmement à l'aide des deux cathéters de pression artérielle invasive mis en place dans les artères radiales droite et gauche. En effet, dans l'anatomie modale la pression gauche donne la pression d'aval du ballon c'est à dire, la partie de l'aorte perfusée par la CEC avec la canule fémorale bifurquée. La pression droite donne un tracé superposable tant que le ballon est bien positionné : c'est à dire dans l'aorte ascendante à la JST. Si la pression droite diffère de la pression gauche c'est que le ballon est «remonté» et couvre le tronc artériel brachio-céphalique (TABC) droit.

La présence d'une *arteria lusoria*, variante anatomique où la sous-clavière droite décrit un trajet rétro-œsophagien, change la stratégie de surveillance du clampage endo-aortique. En effet en cas de remontée du ballon la pression droite et gauche reste superposable en cas de couverture de l'axe carotidien droit. La surveillance ETO en continu couplée au suivi des variations de perfusion cérébrale permettent d'anticiper une migration du ballon par rapport aux axes carotidiens. La présence d'une *arteria lusoria* est repérable sur le scanner thoracique injecté réalisé en préopératoire.



1. Trachée - 2. Œsophage - 3 Arteria lusoria

Annexe 1. Scanner thoracique injecté et schéma d'une *arteria lusoria*

Le clampage aortique s'effectue par inflation du ballon au sérum jusqu'à obtenir une pression entre 300 et 350 mm Hg. Une injection d'adénosine est effectuée dans le culot aortique afin d'obtenir un arrêt cardiaque rapide permettant l'injection de la solution de cardioplégie pour l'arrêt et la protection myocardique de longue durée.

II. 6. 4. Protection myocardique

Les interventions portant sur le cœur droit (annuloplastie tricuspide isolée et tumeurs des cavités droites) ont été réalisées majoritairement sous fibrillation ventriculaire avec une hypothermie modérée : température centrale supérieure ou égale à 32°C.

Concernant les interventions sur le cœur gauche, la protection myocardique a été effectuée de septembre 2008 à mars 2010 par injection de Celsior ® (GENZYME POLYCLONALS S.A.S., Champagne-au-mont-d'or, FRANCE) à raison d'une poche de 1000mL toutes les 45min de clampage aortique.

Après mars 2010, le soluté de protection myocardique a été le Custodiol ® (EUSA Pharma S.A.S., Limonest, FRANCE) à raison de 2000mL toutes les 120 à 180min de clampage.

Le Custodiol ® (EUSA Pharma S.A.S., Limonest, FRANCE) est un soluté de cardioplégie cristalloïde de type intracellulaire. Sa composition est : Na⁺ 15mM, K⁺ 9mM, Mg²⁺ 4mM, Ca²⁺ 0,015mM, Histidine 198mM, Tryptophane 2mM, Kétooglutarate 1mM, Mannitol 30mM, pH 7,02. Il est recommandé d'injecter de 1500 à 2000mL à la température de 5 à 8°C pendant 6-8minutes.(25) La pression de perfusion doit être comprise entre 100-110mmHg jusqu'à l'arrêt du myocarde puis 40-50mmHg au delà.

L'injection se fait par voie antérograde dans le culot aortique.

En cas de reprise de l'activité électrique ou électromécanique durant plus de 3min il est recommandé de procéder à une nouvelle injection de 300 à 500mL, à la même température et à la pression de 40-50mmHg.

En 2017, son administration est encadrée par une Autorisation Temporaire d'Utilisation (ATU) pour la « cardioplégie et protection myocardique au cours des interventions cardiaques dont le temps de clampage estimé est supérieur à 90min ».

II. 7. Gestes opératoires

Les gestes opératoires suivent les principes appliqués en chirurgie traditionnelle par sternotomie.

Concernant les plasties mitrales : la technique la plus récente utilisée suit la standardisation actuelle de l'approche corrective des insuffisances mitrales. L'annuloplastie semi-rigide systématique est associée à des néocordages formées par des boucles de longueur prédéfinies : 15mm pour corriger un prolapsus de la valve postérieure, 25mm pour la valve antérieure.

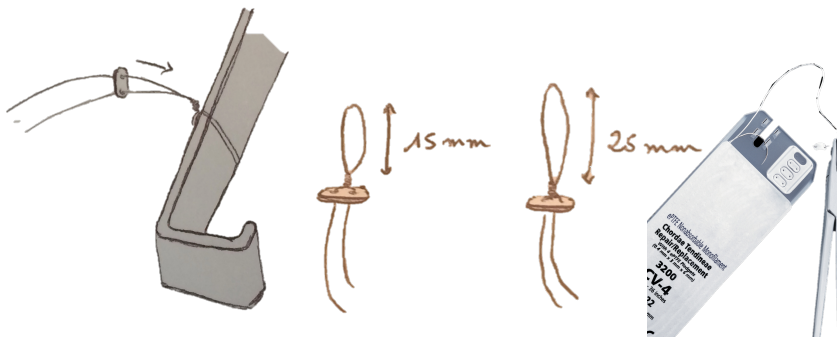


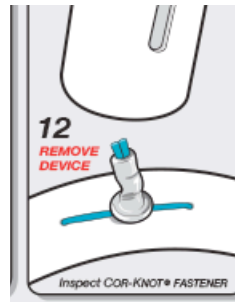
Schéma de la confection des boucles de Gore-tex utilisant l'instrumentation courante comme étalon

La boucle est ancrée préférentiellement au pilier sur lequel le cordage s'est rompu, puis fixée au bord libre « en zone saine » du feuillet mitral.



Schéma d'un néocordage en boucle reliant le pilier au feuillet mitral

Pour les remplacement valvulaires mitraux les plus récents, un dispositif de cerclage des fils de soutien de la valve était utilisé (Cor-Knot®, LSI Solution)



Mécanisme d'action de la pince Cor-Knot®

Les fermetures de CIA étaient réalisées par atriectomie droite arciforme et fermeture directe par surjet ou interposition d'un patch de péricarde autologue ou équin.

Quand un traitement de la fibrillation atriale (FA) était réalisé, le dispositif de cryothérapie par ballon Artic Front Advance ® (Medtronic PLC, MN, USA) était utilisé.



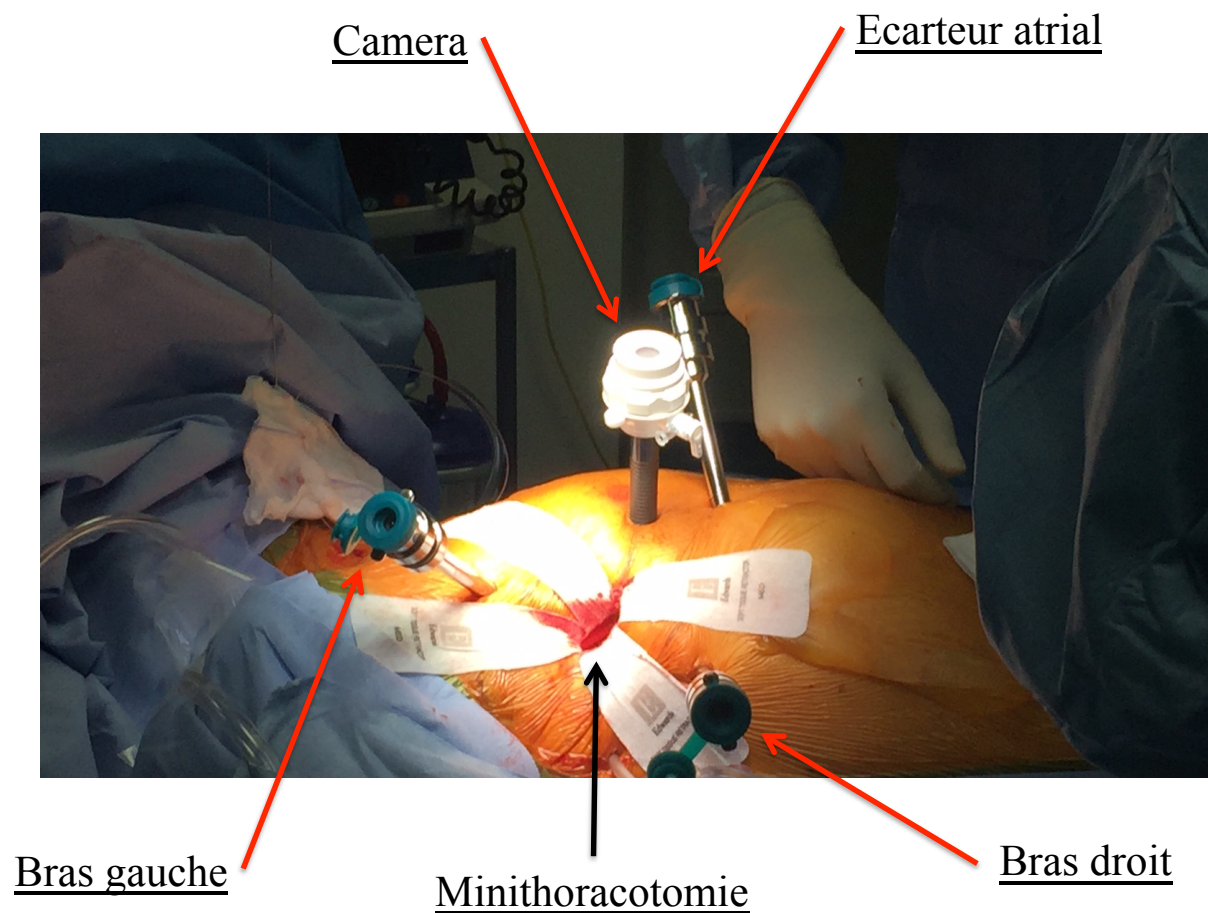
Vue du ballon de cryothérapie Artic Front Advance ®

II. 8. Chirurgie robot assistée

Pour la chirurgie robot-assistées le Robot Da Vinci Si (Intuitive Surgical, Sunnyvale CA) était utilisé.



Des trocars étaient insérés aux 2^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} espaces intercostaux pour le passage des instruments et de la caméra du télémanipulateur (voir Annexe 2). Le docking (installation du robot) est réalisé immédiatement avant la péricardotomie et l'undocking (retrait du robot), en fin de procédure, après la fermeture du péricarde. La position des opérateurs et des machines est visible en Annexe 3.



Annexe 2. Vue opératoire de la voie d'abord en chirurgie robotique



Annexe 3. Vue d'ensemble de l'installation en chirurgie robotique

II. 9. Suivi des patients

Les données de l'hospitalisation ont été collectées de manière prospective. Le suivi a été effectué par revue du système d'information médical de l'hôpital Charles Nicolle. Les patients et éventuellement leur médecin traitant ou cardiologue ont été contactés par téléphone au cours de l'été 2017.

Cette étude a reçu l'accord de la Commission National Informatique et Liberté conformément à la réglementation en vigueur.

II. 10. Recueil de données et analyse statistique

Pour chaque patient, 300 items ont été renseignés dans notre base de donnée. Les données recueillies étaient :

1. Les antécédents : âge, sexe, poids, taille, facteurs de risques cardiovasculaires, antécédents de pacemaker, antécédents cardiaque et respiratoires, chirurgie cardiaque antérieure.
2. La pathologie cardiaque: stade CCS et NYHA, caractéristiques des pathologies, grade de fuite d'IM, type de CIA, localisation de tumeur intracardiaque, etc.
3. La chirurgie : durée CEC, durée clampage, type de clampage, type de protection myocardique, geste chirurgical réalisé, échec de plastie et facteur d'échec, geste complémentaire réalisé (traitement de la FA, fermeture de CIA/FOP, fermeture d'auricule gauche). La conversion définie comme une sternotomie réalisée lors du premier geste opératoire, voies de conversion et motif. La reprise chirurgicale définie comme une ré-intervention au cours de la même hospitalisation.
4. L'hospitalisation : durée de séjour en réanimation et en hospitalisation.
5. L'échographiques de sortie : FEVG, persistance de fuite résiduelle, etc.
6. Les complications : l'insuffisance rénale, AVC, pneumopathies, infection urinaire, infection de cathéter central, troubles ECG de novo (FA/Flutter, BAV, TV/FV sans CEE, TV/FV avec CEE), pose de pacemaker, pic de troponine US, infarctus du myocarde, réalisation de coronarographie et geste réalisé, paralysie phrénique droite.

7. Le suivi : date des dernières nouvelles, NYHA, FA, prise de traitement par AVK, complication des voies d'abord, douleurs résiduelles, ré-opération, date et cause de décès.

Les données sont présentées en moyenne \pm écart-type, médiane (minimum – maximum).

L'analyse statistique et courbe de survie ont été faite avec le logiciel SPSS V23.0.

III. Résultats

III. I. Population générale

De septembre 2008 à avril 2017, 307 patients ont été opérés par mini-thoracotomie droite. Parmi eux, 280 ont bénéficié d'une technique vidéo-assistée et 27 d'une technique robot-assistée débutée en mars 2015. Les caractéristiques des patients sont résumées dans le Tableau I.

Pathologies	Vidéo	Robot	Total
n=	280	27	307
Âge	58 (17-84)	63 (44-83)	59 (17-84)
Homme (%)	57%	78%	59%
FE %	67 (30-84)	68 (44-83)	67 (30-89)
>50%	95%	100%	98%
<50%	5%	.	2%
NYHA			
I	18%	23%	18%
II	54%	50%	54%
III	23%	23%	23%
IV	5%	4%	5%
Pathologies (n=)			
mitrale	238	26	264
CIA	18	1	19

Table 1. Population générale par technique

La mortalité hospitalière observée sur l'ensemble de la série mini-invasive était de 1,95% (n=6). Les causes de décès étaient les suivantes :

- choc cardiogénique compliquant un arrêt cardio-respiratoire sur tamponnade.
- défaillance multi-viscérale sur un choc cardiogénique des suites de ré-interventions pour désinsertion itérative de prothèse mitrale sur endocardite.
- détresse respiratoire aigüe compliquant un choc cardiogénique.

- mort encéphalique sur un bas débit cérébral.
- choc hémorragique.
- cirrhose hépatique sévère présente en préopératoire.

Le taux d'accident vasculaire cérébral était de 0,98% (n=3). Les étiologies de ces AVC, tous d'origine ischémique, comprenaient :

- une embolie gazeuse per-CEC diagnostiquée sur un retard de réveil en réanimation,
- une embolie sur trouble du rythme post-opératoire.
- un bas débit cérébral per-CEC sur une sténose artérielle intracrânienne.

A la date du suivi, deux patients restent déficitaires au membre supérieur dominant sans altération de la mobilité. Un patient a complètement récupéré.

Les complications sur la série globale sont listées dans le Tableau II. Le taux de reprise chirurgicale au cours de l'hospitalisation était de 11% dont 73% étaient motivées par un saignement important.

	PNP	Inf. KT	Tamponnade	Reprises pour saignement	Toutes reprises	abcès scarpa	IDM	ATPL	Phrénique Droit
n=	41	13	6	26	34	3	6	4	7
%	13,36%	4,23%	1,95%	8,47%	11,07%	0,98%	1,95%	1,30%	2,28%

	FA/					
	Trouble ECG	Flutter	BAV	TV/FV sans CEE	TV/FV avec CEE	PM
n=	126	113	60	16	2	5
%	41,04%	36,81%	19,54%	5,21%	0,65%	1,63%

PNP : pneumopathie – Inf KT : infection de cathéter – Trouble ECG : modification ECG de novo – FA : Fibrillation atriale – BAV : Bloc Atrio ventriculaire – TV/FV tachycardie/fibrillation ventriculaire – CEE : Choc Electric Externe – PM : implantation d'un PaceMaker – IDM : infarctus du myocarde – APTL : angioplastie coronaire trans luminale – Phrénique droit : paralysie phénique droite

Tableau II. Complications – série globale

Concernant les gestes associés : un traitement de la fibrillation atriale était réalisé dans 17% (n=40) des procédures vidéo, associé dans 75% des cas par une fermeture de l'auricule gauche. La fermeture concomitante d'une communication inter-atriale était faite dans 11% (n=27) des plasties mitrales vidéo.

III. 1. Résultats par pathologie traitée

Les caractéristiques des populations en fonction de la pathologie traitée sont décrites dans le Tableau III. Le détail de l'activité par année est reproduit dans le Tableau IV et Figure 1.

Pathologies	IM	RM	Mitrales	CIA	Tumeurs	IT	Fuite para	Total
n =	220	18	238	18	13	8	3	280
Âge	59 (17-84)	52 (22-72)	59 (17-84)	36 (17-70)	59 (37-79)	64 (40-79)	72 (71-72)	58 (17-84)
Homme (%)	65%	28%	62%	22%	23%	38%	66%	57%
FE %	67 (45-84)	71 (30-78)	67 (30-84)	62 (51-75)	66 (60-73)	64 (62-70)	65 (60-70)	67 (30-84)
>50%	96%	93%	95%	100%	100%	100%	100%	95%
<50%	4%	7%	5%	.	.	.	.	5%
NYHA								
I	16%	7%	15%	41%	38%	.	.	18%
II	56%	60%	56%	35%	46%	50%	100%	54%
III	24%	27%	24%	18%	16%	33%	.	23%
IV	4%	6%	5%	6%	0%	17%	.	5%

Tableau III. Population détaillée pour les procédures vidéo-assistées

Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Avril 2017	Total
Mitrales	1	4	19	25	32	29	45	47	45	17	264
CIA	0	3	0	1	6	2	3	3	0	1	19
Tumeurs	0	0	1	2	3	3	1	1	1	1	13
Tricuspidés	0	0	0	0	1	1	3	2	1	0	8
Fuites para	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	3
Total	1	7	20	28	42	35	54	53	48	19	307
Robots	0	0	0	0	0	0	0	11	10	6	27

Tableau IV. Rapport d'activité

Procédures

% activité robotique

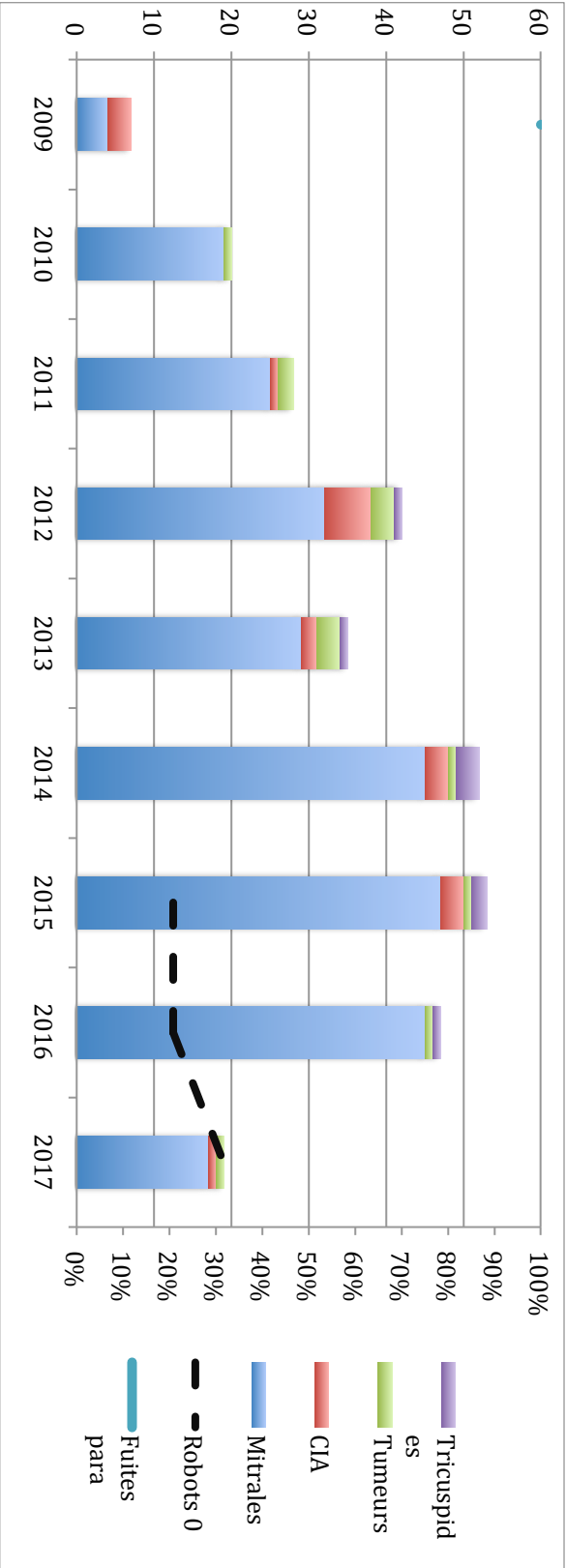


Figure 1. Graphique d'activité et part de la chirurgie robotique

III. 1. 1. Chirurgie mitrale

Sur une période de 9ans, 255 pathologies mitrales ont été traitées par voie mini-invasive (28 patients/année). Les pathologies rencontrées étaient à 63% des prolapsus de la petite valve mitrale, 15% des maladies de Barlow, 10% des prolapsus de la grande valve mitrale, 6% d'endocardites et de rhumatisme articulaire aigu, 5% de maladies mitrales et 1% de communication atrio-ventriculaire. Concernant les gestes de reconstruction : on retrouvait 79% (n=202) d'annuloplasties avec néocordages, 9% (n=23) d'annuloplasties avec boucles et 12% (n=30) d'annuloplasties simples. Le taux d'échec de plastie était de 5% (n=13).

III. 1. 1. 1. Vidéo-assistées

Depuis 2008, 238 patients ont bénéficié d'une approche vidéo-assistée de leur pathologie mitrale. Le détail de la population est présenté dans le Tableau V. On comptait 220 indications pour insuffisance mitrale (92%) et 18 rétrécissements mitraux.

Ces pathologies ont été traité dans 77% (n=183) des cas par plastie mitrale et 33% (n=55) par remplacement valvulaire. Le taux d'échec de plastie était de 4,6% (n=11) dans le groupe vidéo. Les temps de CEC, de clampage, les durées de séjour en réanimation et d'hospitalisation, ainsi que le détail des complications sont montrés en Tableau VI.

Pathologies	IM	RM	Mitrales	CIA	Tumeurs	IT	Fuite para	Total
n =	220	18	238	18	13	8	3	280
Âge	59 (17-84)	52 (22-72)	59 (17-84)	36 (17-70)	59 (37-79)	64 (40-79)	72 (71-72)	58 (17-84)
Homme (%)	65%	28%	62%	22%	23%	38%	66%	57%
FE %	67 (45-84)	71 (30-78)	67 (30-84)	62 (51-75)	66 (60-73)	64 (62-70)	65 (60-70)	67 (30-84)
>50%	96%	93%	95%	100%	100%	100%	100%	95%
<50%	4%	7%	5%	.	.	.	.	5%
NYHA								
I	16%	7%	15%	41%	38%	.	.	18%
II	56%	60%	56%	35%	46%	50%	100%	54%
III	24%	27%	24%	18%	16%	33%	.	23%
IV	4%	6%	5%	6%	0%	17%	.	5%

Tableau V. Population détaillée pour les procédures vidéo-assistées

Pathologies	Procédures vidéo-assistées								Procédures robot-assistées			Total
	IM	RM	Mitrales	CIA	Tumeurs	IT	Fuite para	Total	Mitrales	CIA	Total	
n =	220	18	238	18	13	8	3	280	26	1	27	307
Mortalité	6 (2,7%)	1 (5,6%)	7 (2,9%)	.	.	.	.	7 (2,5%)	.	.	0	7 (2,3%)
AVC	1 (0,45%)	1 (5,6%)	2 (0,84%)	.	.	.	.	2 (0,71%)	1 (3,8%)	.	1 (3,7%)	3 (0,98%)
Clampage	110±46	115±28	99,5 (42-342)	56±16	50±18	54±15	84±5	95 (21-342)	137±60	49	123 (49-268)	95,5 (21-342)
CEC	164±62	158±48	149 (73-500)	96±39	91±31	117±46	118±12	141 (38-500)	179±77	85	144 (85-387)	142,0 (38-500)
Reprise	26 (11,8%)	1 (5,6%)	27 (11,3%)	.	1	.	.	28 (10,0%)	1	.	1 (3,7%)	29 (9,4%)
Conversion	6 (2,7%)	1 (5,6%)	7 (2,9%)	.	.	.	.	7 (2,5%)	1	.	1 (3,7%)	8 (2,6%)
Durée réa.	3 (1-69)	3,1±1,3	3 (1-69)	2,5±1,9	3,3±1,2	2,4±1,0	2,7±0,9	3 (1-69)	4,3±3,3	4	3 (2-15)	3 (1-69)
Durée hospit.	9 (5-97)	10,9±2,8	9 (5-97)	7,4±3,3	8,4±3,8	9,4±2,5	7 (6-55)	9 (4-97)	11,2±5,6	9	10 (6-32)	9 (4-97)

Les résultats sont exprimés en événement (pourcentage relatif), en moyenne ± écart-type ou en médiane (minimum-maximum)

Mortalité=mortalité au cours de l'hospitalisation – AVC = accident vasculaire cérébral – Clampage = temps de clampage aortique – CEC = Temps de circulation extracorporelle – Reprise = ré-intervention au cours de la même hospitalisation – Conversion = intervention par sternotomie au cours du premier geste chirurgical

– Durée réa. = séjour en réanimation (en jour) – Durée hospit. = séjour hospitalier (en jour)

Tableau VI. Résultats par type de procédure et par pathologies

III. 1. 1. 2. Robot-assistées

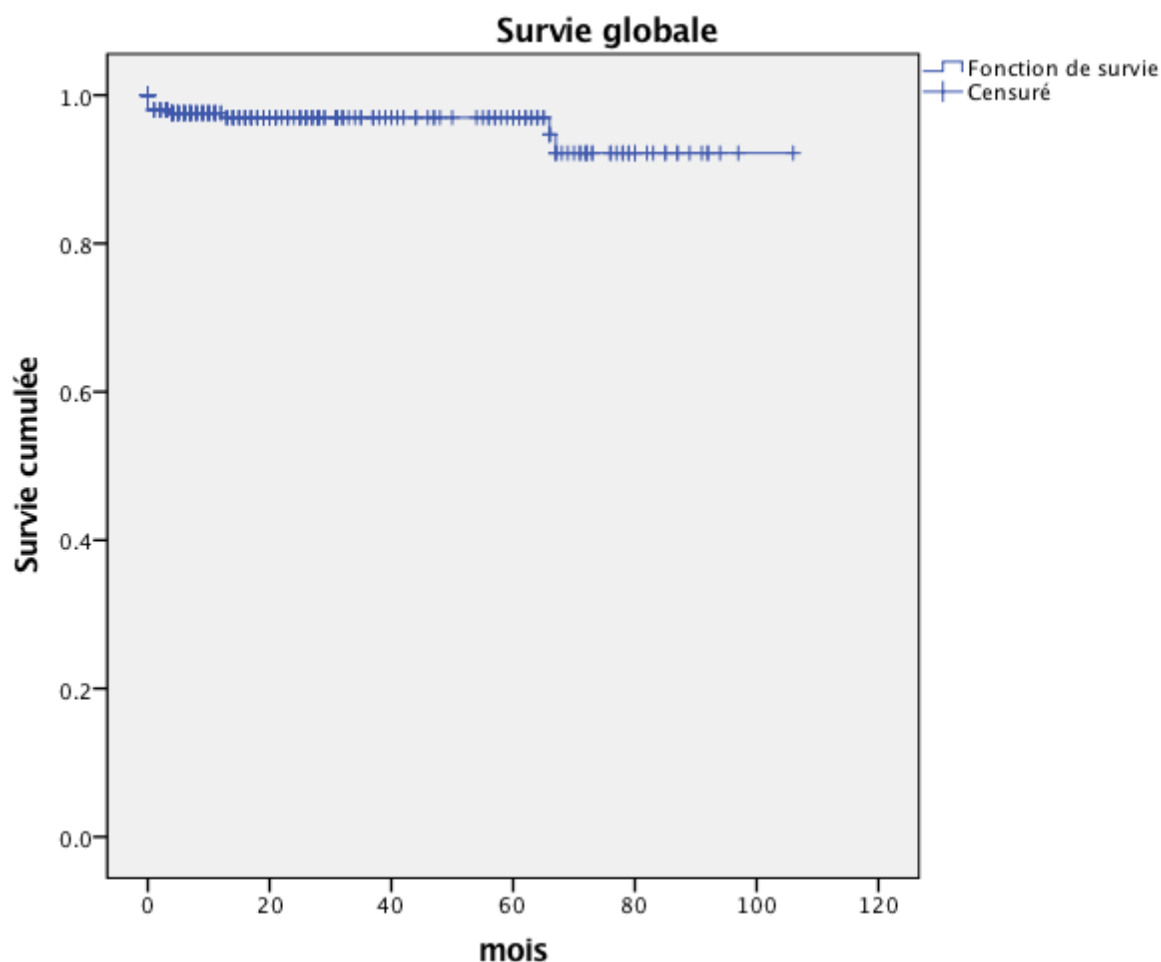
Depuis mars 2015, 26 patients ont été opérés à l'aide du robot pour une pathologie mitrale. Le taux d'échec de plastie était de 7,7% (n=2) dans le groupe robot. Les temps de CEC, de clampage, les durées de séjour en réanimation et d'hospitalisation, ainsi que le détail des complications sont montrés dans le Tableau VI.

III. 1. 2. Autres chirurgies

Les caractéristiques des populations opérées pour une CIA, une tumeur intracardiaque, une insuffisance tricuspide isolée et pour correction de fuite paravalvulaire sont dans le tableau V. Il n'y a pas eu de décès ni d'AVC dans ces groupes de patients. On observe des temps de CEC et de clampages inférieurs au groupe mitral. Les durées d'hospitalisation en réanimation et en hospitalisation étaient également inférieures. Les résultats complets de ces chirurgies sont listés dans le Tableau VI.

III. 2. Survie globale et survie libre de ré-intervention

276 patients ont été inclus dans l'analyse de survie soit 10% (n=31) de perdus de vue. La durée médiane de suivi était de 2,8 ans (maximum 8,8 ans et minimum 30 jours). La courbe de survie globale est présentée dans la figure 2. À 5,6 ans 92,2% des patients étaient vivant.

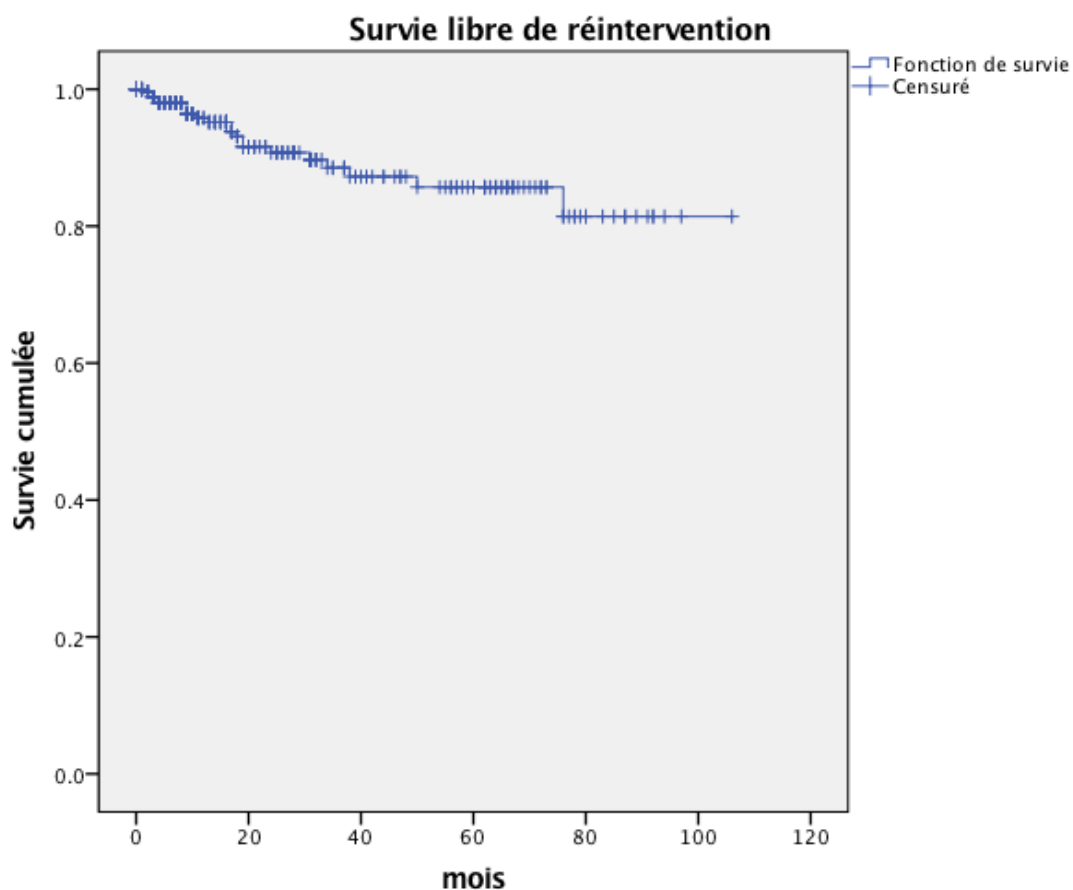


Moyenne pour la durée de survie

Moyenne ^a			
Estimation	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 %	
		Borne inférieure	Borne supérieure
101.002	1.695	97.681	104.324

a. L'estimation est limitée à la plus grande durée de survie si elle est censurée.
Figure 2. Courbe de survie globale par la méthode de Kaplan Meier

La courbe de survie libre de ré-intervention est présentée dans la figure 3. A une durée de suivi de 6,3ans, 81,4% des patients du programme mini-invasif n'avaient pas été ré-opérés.



Moyenne pour la durée de survie libre de ré-intervention

Moyenne ^a			
Estimation	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 %	
		Borne inférieure	Borne supérieure
92.741	2.839	87.177	98.306

a. L'estimation est limitée à la plus grande durée de survie si elle est censurée.

Figure 3. Courbe de survie sans ré-intervention par la méthode de Kaplan Meier

Concernant les patients décédés pendant le suivi un patient est décédé des suites d'une maladie d'Alzheimer, un patient est décédé en réanimation après de nombreuses reprises chirurgicales pour désinsertion de valve sur endocardite, 6 sont décédés de causes inconnues.

Si l'on s'intéresse uniquement à la population de chirurgie mitrale la survie libre de ré-intervention observée à un suivi moyen de 6,4ans était de $76,9 \pm 6,7 \%$ (figure 4.). Parmi les causes de ré-interventions (n=23) les plus fréquentes ont trouvait : la désinsertion d'anneau n=6 (26%), les ruptures de cordages natifs ou prothétiques n=5 (21%). Parmi ces patients, 86% avaient été opérés avant la 200^{ème} procédure.

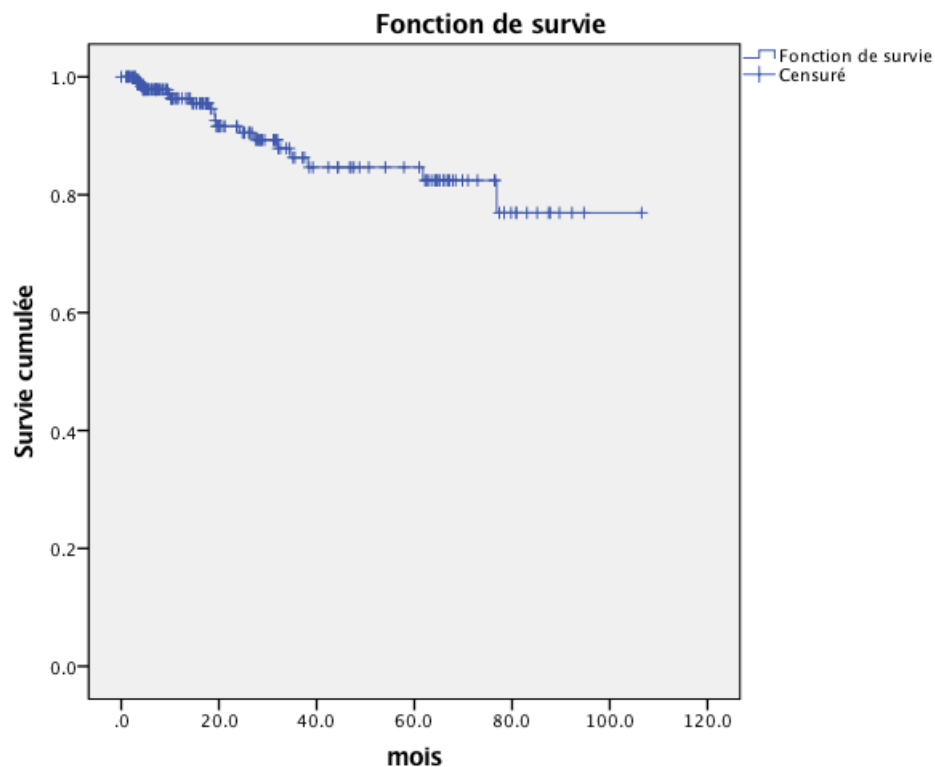


Figure 4. Survie libre de ré-intervention dans le groupe chirurgie mitrale vidéo par la méthode de Kaplan Meier

IV. Discussion

IV. 1. Série globale

La population de notre cohorte est hétérogène car elle présente des pathologies différentes traitées par deux approches différentes. Les critères de sélection et de contre-indication en font une population jeune, présentant des pathologies à un stade pauci-symptomatique.

Notre programme de chirurgie mini-invasive présente de bons résultats en terme de sécurité avec une mortalité hospitalière à 2,3% et un taux d'AVC à 0,98% sur la série globale. La comparaison avec les séries de la littérature est difficile car les séries publiées s'intéressent principalement à la chirurgie mitrale qu'elle soit vidéo- ou robot-assistée. Compte tenu de notre population ces données doivent s'interpréter brutes.

IV. 1. 1. Chirurgie mitrale vidéo-assistée

En 2015, l'équipe anglaise de Akowuah et al. a publié la première série du pays sur la chirurgie mitrale mini-invasive. Leurs résultats sur 190 patients observaient une mortalité à 30 jour de 1,1%, un taux d'AVC à 1,6%. La médiane de séjour en réanimation et en hospitalisation était respectivement de 1j et 5j. La mortalité observée à 5,3 ans de suivi était de 4,8% et à 57mois, 2,1% des patients avaient été réopérés. Cette série décrit une activité comparable à la notre en terme de nombre de patients traités par année (19 vs 23) et de structure de service. Dans notre groupe mitrales vidéos, la mortalité était de 2,9% et la taux d'AVC à 0,84%. Pour ces résultats il est à noter que la mortalité exprimée dans notre étude est la mortalité intra-hospitalière et non la mortalité à 30 jours. Notre critère, plus dur, prend donc en compte les patients plus graves ayant été hospitalisé plus d'un mois. Ces patients sont plus à risque de présenter une complication fatale. Concernant le taux d'AVC, les mesures de protection et les techniques de débullage ne sont pas décrites dans l'article. Il est donc difficile de conclure à une différence en terme de technique par rapport à une différence de la gravité de la population traitée. Le séjour médian en réanimation et en hospitalisation est inférieur au notre. Cette différence est discutée dans le chapitre suivant. Concernant

la survie, la durée de suivi de la série anglaise était comparable à celle de notre étude (5,3 vs 5,6 années), la survie observée était 95,2% contre 92,2% pour la série globale mini-invasive. La sur une analyse de des caractéristique de chaque population serait nécessaire pour pouvoir expliquer cette différence.

Concernant la comparaison à la sternotomie, une méta-analyse de 7 études observationnelles avec un total de 523 patients dans le groupe mitrale mini-invasive et 731 pour la sternotomie n'a pas trouvé de différence en terme de mortalité précoce et de taux de réparation.(19) Les temps de CEC et de clampages étaient plus longs dans le groupe mini-invasif mais avec une réduction de transfusion et d'AVC (OR 0.35 ; IC_{95%} [0,15-0,82] %). Bien que certaines études randomisées aient rapporté une douleur moindre avec la CCMI, d'autres méta-analyses n'ont pas trouvé cette différence.(26) Une étude observationnelle s'intéressant aux patients de plus de 75ans a observé une moindre durée d'hospitalisation et une augmentation significative du retour autonome à domicile dans cette population.(27) L'application aux patients âgés des techniques mini-invasives pourrait donc présenter un intérêt. Notre étude étant observationnelle, il sera nécessaire de d'apparier des patients opérés par sternotomie dans notre centre pour pouvoir réaliser ce type de comparaisons.

IV. 1. 2. Chirurgie robot assistée

Une revue de la littérature (28) portant sur 27 articles observationnels sur la chirurgie mitrale robot-assistée a observé un taux de mortalité de 0,0% à 3,2%, des AVC déficitaire de 0,0 à 3,0%. Les taux de ré-intervention pour saignement étaient de 0,0 à 5,0% avec un taux de conversion par sternotomie de 0,0% à 9,1%. Les temps de CEC étaient 106 ± 22 min à $188,5 \pm 53,8$ min et temps de clampage 79 ± 16 min à 140 ± 40 min. La moyenne des séjours d'hospitalisation était respectivement de $3,1 \pm 0,3$ à $6,3 \pm 3,9$ jours. La présence d'une fuite résiduelle inférieure ou égale à grade 1 était retrouvée dans 81,7% à 97,6% des échographies de sortie.

Nos résultats sont comparables à ceux trouvés dans cette méta-analyse à l'exception de la durée d'hospitalisation dont la moyenne est de $11,1 \pm 5,5$ j dans notre groupe robotique. Une première explication serait que notre série robotique décrit des patients

opérés dans une phase de courbe d'apprentissage où les temps opératoires, les complications per- et post-opératoires et les temps d'hospitalisation sont les plus longs. Ces observations ont été montrées pour l'apprentissage des techniques vidéo-assistées.(29) Il n'existe pas actuellement de littérature sur cet effet courbe d'apprentissage pour la chirurgie robotique pour des centres ayant passé la barre des 200 cas en chirurgie vidéo-assistée. Nous pouvons conjecturer que le nombre de procédures avant d'atteindre une stabilité en terme de performance opératoire et de taux de complication est réduit par une expérience préalable en vidéo. Il doit persister un effet courbe d'apprentissage de la technique robotique. En date de cette étude nous n'avons pas encore franchi ce seuil même si on observe que les durées de procédures ont tendance à être de plus en plus courtes. Une deuxième explication pourrait être trouvée dans les différences de culture hospitalière. La majorité des articles de cette méta-analyse proviennent d'équipes américaines et allemandes. Ce que l'on entend par hospitalisation n'a pas le même sens partout. La culture dans l'organisation des soins hospitaliers et surtout dans les structures de réhabilitation et de soins à domicile fausse probablement l'interprétation de la durée d'hospitalisation.

IV. 2. Protection myocardique

La modification du type de protection myocardique a été motivée par la praticité d'une injection unique offrant une protection jusqu'à 180min. Dans une méta-analyse de 14 articles comparant Custodiol versus cardioplégie conventionnelle (au sang ou cristalloïde), le Custodiol permettait une bonne protection myocardique sans que l'on retrouve de différence en terme de mortalité.(30) Ces résultats ont également été observés dans des séries observationnelles de chirurgie mitrale mini-invasif.(31,32) Nous avons constaté comme ces équipes l'hyponatrémie parfois majeure en post-opératoire, lié à l'injection de Custodiol. Malheureusement le recueil de données est incomplet et ne permet pas d'analyse précise de ce facteur. Nous n'avons pas observé de manifestation clinique liée à ces hyponatrémies. Notre prise en charge consiste en une ultrafiltration per-CEC d'un volume équivalent au volume de Custodiol injecté et par l'abstention de mesure corrective de la natrémie en post opératoire comme il est actuellement recommandé.(33,34)

IV. 3. Conversion et ré-opération

Dans une série de 3 125 patients(35), l'équipe de Leipzig rapporte un taux de conversion de 1%, chiffre inférieur à notre taux de conversion de 2,9% dans le groupe mitral vidéo et 3,7% dans le groupe robot. Ceci pourrait s'expliquer par la différence d'expérience (3 125 patients versus 307) et donc le grand nombre de patients opérés après le plateau de la courbe d'apprentissage. Une analyse avant-après de nos résultats serait nécessaire pour déterminer cet effet. Comme dans la série de Leipzig, la cause la plus fréquente de conversion dans notre série était le saignement puis les adhérences pulmonaires, compliquant l'abord par thoracotomie.

Au cours du suivi, deux patients ont été repris par thoracotomie droite. Les constatations peropératoire n'ont pas vu de difficulté chirurgicale importante sur l'abord chirurgical. Concernant les reprises par sternotomie, l'abord chirurgical est décrit par les opérateurs avec un niveau de difficulté équivalent à une opération première. La chirurgie mini-invasive pourrait donc présenter un intérêt pratique en cas de ré-intervention. Il existe des données observant un bénéfice de la voie mini-invasive pour les reprises de chirurgie aortique.(36–40) L'intérêt des abords mini-invasifs a également été décrit en chirurgie mitrale pour une ré-intervention dans de nombreuses séries.(41–44) Parmi ces articles, les études cas-contrôle ont observé une mortalité plus faible dans le groupe mini-invasif.

Des études comparant la chirurgie mini-invasive à la sternotomie ont trouvé des résultats à 5 ans comparables en terme de survie et de taux de ré-opération entre la chirurgie mitrale mini-invasive et la sternotomie.(20,45)

Dans une étude observationnelle sur 1604 patients opérés d'une pathologie mitrale par voie mini-invasive, la survie à 10ans était de $88\pm 2\%$ et pour la même durée, $94\pm 2\%$ patients ayant eu une plastie n'avaient pas été réopérés contre $80\pm 6\%$ pour les remplacements.(46) Notre étude n'a pas différencié les plasties des remplacements dans l'analyse de la survie libre de ré-opération. Parmi les patients réopérés 21% (n=5) avaient eu un remplacement mitral. Notre résultat à 6,3ans pour la série globale de 81,4% est donc inférieur à celle observée dans cette étude. Les résultats du sous groupe mitrales vidéo, groupe d'où proviennent tous les réopérés, montrent une survie libre de

ré-intervention à 76,9% à 6,4ans soit inférieure à celle décrite dans cette étude. Deux types de facteurs peuvent entrer en compte pour expliquer cette différence. Premièrement le facteur chirurgical avec des techniques différentes pouvant influencer la durée de vie des réparations faites. Notre propre technique a évolué avec le temps et seul un suivi à long terme de la technique la plus récente issue de la standardisation de l'approche des pathologies mitrales nous permettra de déterminer l'effet technique sur ce résultat. Deuxièmement il existe un effet volume lié encore une fois à la courbe d'apprentissage. Notre programme, comptant 307 opérations en avril 2017, sort tout juste de la 200^{ème} opération marquant la maturité d'un programme mini-invasif. La part des ré-interventions dans cette période initiale à un effet négatif sur les résultats présentés. Le suivi de nos patients à plus long terme sera nécessaire pour déterminer la part de ce facteur à travers l'actualisation de la survie libre de ré-intervention. Si notre centre continue son expérience et augmente la part de la chirurgie mitrale mini-invasive nous devrions observer les mêmes résultats que ceux observés dans les centres allemands à haut volume, c'est à dire une stabilisation des complications et des ré-intervention vers un taux bas et constant dans le temps.(29) Cependant l'hétérogénéité des pratiques entre les centres et l'évolution constante des techniques de réparation va rendre compliqué la comparaison des résultats.

V. Conclusion

La chirurgie cardiaque par thoracotomie droite permet le traitement des pathologies des valves mitrales et tricuspides ainsi que des communication inter-atriale, des tumeurs intracardiaques et des fuites para-valvulaires mitrales. Nos résultats suggèrent qu'un programme de chirurgie mini-invasive, habituellement réservé a des centres experts, peut être mis en place dans un centre de notre dimension. Cette expérience rapporte de bons résultats en terme de sûreté pour le patient et de durabilité au long terme.

Parmi les perspectives d'évolutions on pourrait envisager de poursuivre la standardisation des abords et des approches correctives. Cette standardisation permet à la fois une meilleure reproductibilité des résultats mais elle permet aussi un enseignement plus rapide de la technique aux personnels médicaux et paramédicaux. Le suivi de l'évolution des techniques avec, par exemple, le recours aux techniques de canulation percutanées, l'utilisation d'une canulation veineuse unique pourrait constituer un avantage pour prévenir les complications liées à l'abord fémoral.

La part du robot croissante dans notre activité nous permettra bientôt de pouvoir évaluer nos pratiques et de comparer les facteurs permettant une bonne sélection de nos patients.

VI. Bibliographie

1. Loulmet DF, Carpentier A, Cho PW, Berrebi A, d'Attellis N, Austin CB, et al. Less invasive techniques for mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998 Apr 1;115(4):772-9.
2. Vanermen H, Vermeulen Y, Wellens F, De Geest R, Degrieck I, Van Praet F. Port-access mitral valve surgery. *Perfusion.* 1998;13(4):249-252.
3. Cosgrove DM, Sabik JF, Navia JL. Minimally invasive valve operations. *Ann Thorac Surg.* 1998;65(6):1535-1539.
4. Chitwood WR, Elbeery JR, Chapman WH, Moran JM, Lust RL, Wooden WA, et al. Video-assisted minimally invasive mitral valve surgery: the "micro-mitral" operation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;113(2):413-414.
5. Fann JI, Pompili MF, Stevens JH, Siegel LC, St Goar FG, Burdon TA, et al. Port-access cardiac operations with cardioplegic arrest. *Ann Thorac Surg.* 1997 Jun;63(6 Suppl):S35-39.
6. Mohr FW, Falk V, Diegeler A, Walther T, van Son JA, Autschbach R. Minimally invasive port-access mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998 Mar;115(3):567-574; discussion 574-576.
7. Obadia J-F. Chirurgie mitrale mini-invasive assistée par video Nouvelle technique. *Arch Mal Coeur Vaiss - Prat.* 2005 Oct 1;2005(142):15-8.
8. Obadia JF. Chirurgie cardiaque mini-invasive assistée par vidéoarthroscopie. *Tech Chir-Thorax.* 2010;42-519.
9. Mohr FW, Falk V, Diegeler A, Walther T, Gummert JF, Bucerius J, et al. Computer-enhanced "robotic" cardiac surgery: experience in 148 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001 May;121(5):842-53.
10. Carpentier A, Loulmet D, Aupecle B, Berrebi A, Relland J. Computer-assisted cardiac surgery. *The Lancet.* 1999;353(9150):379-380.

11. Loulmet DF, Carpentier A, Cho PW, Berrebi A, d'Attellis N, Austin CB, et al. Less invasive techniques for mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;115(4):772–779.
12. Mohr FW, Falk V, Diegeler A, Walther T, Gummert JF, Bucerius J, et al. Computer-enhanced “robotic” cardiac surgery: Experience in 148 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001 May 1;121(5):842–53.
13. Perier P, Hohenberger W, Lakew F, Batz G, Urbanski P, Zacher M, et al. Toward a New Paradigm for the Reconstruction of Posterior Leaflet Prolapse: Midterm Results of the “Respect Rather Than Resect” Approach. *Ann Thorac Surg.* 2008 Sep;86(3):718–25.
14. Hysi I, Rebet O, Gautier L, Fabre O. A Standardized Loop Technique for Mitral Valve Repair. *Ann Thorac Surg.* 2017 Jan;103(1):e105–6.
15. Jacobs S, Sündermann SH. Minimally invasive valve sparing mitral valve repair-the loop technique-how we do it. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013 Nov;2(6):818–24.
16. Shibata T, Kato Y, Motoki M, Takahashi Y, Morisaki A, Nishimura S, et al. Mitral valve repair with loop technique via median sternotomy in 180 patients. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2015 Mar;47(3):491–6.
17. Lee R, Li S, Rankin JS, O'Brien SM, Gammie JS, Peterson ED, et al. Fifteen-Year Outcome Trends for Valve Surgery in North America. *Ann Thorac Surg.* 2011 Mar;91(3):677–84.
18. McClure RS, Cohn LH, Wiegerinck E, Couper GS, Aranki SF, Bolman RM, et al. Early and late outcomes in minimally invasive mitral valve repair: an eleven-year experience in 707 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009 Jan;137(1):70–5.
19. Moscarelli M, Fattouch K, Casula R, Speziale G, Lancellotti P, Athanasiou T. What Is the Role of Minimally Invasive Mitral Valve Surgery in High-Risk Patients? A Meta-Analysis of Observational Studies. *Ann Thorac Surg.* 2016 Mar 1;101(3):981–9.
20. Suri RM, Taggarse A, Burkhart HM, Daly RC, Mauermann W, Nishimura RA, et al. Robotic Mitral Valve Repair for Simple and Complex Degenerative Disease *CLINICAL*

PERSPECTIVE: Midterm Clinical and Echocardiographic Quality Outcomes. *Circulation*. 2015 Nov 24;132(21):1961–8.

21. Galloway AC, Schwartz CF, Ribakove GH, Crooke GA, Gogoladze G, Ursomanno P, et al. A decade of minimally invasive mitral repair: long-term outcomes. *Ann Thorac Surg*. 2009 Oct;88(4):1180–4.
22. Cao C, Gupta S, Chandrakumar D, Nienaber TA, Indraratna P, Ang SC, et al. A meta-analysis of minimally invasive versus conventional mitral valve repair for patients with degenerative mitral disease. *Ann Cardiothorac Surg*. 2013 Nov;2(6):693–703.
23. Gammie JS, Zhao Y, Peterson ED, O'Brien SM, Rankin JS, Griffith BP. Less-Invasive Mitral Valve Operations: Trends and Outcomes From The Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database. *Ann Thorac Surg*. 2010 Nov;90(5):1401–1410.e1.
24. Meinertz T, Diegeler A, Stiller B, Fleck E, Heinemann MK, Schmaltz AA, et al. German Heart Report 2013. *Clin Res Cardiol*. 2015 Feb;104(2):112–23.
25. RCP - CUSTODIOL, solution de cardioplegie - 56a0d6413feb50e2a69a8b43f8f649b6.pdf [Internet]. [cited 2017 Jul 18]. Available from:
http://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/56a0d6413feb50e2a69a8b43f8f649b6.pdf
26. Speziale G, Nasso G, Esposito G, Conte M, Greco E, Fattouch K, et al. Results of mitral valve repair for Barlow disease (bileaflet prolapse) via right minithoracotomy versus conventional median sternotomy: A randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011 Jul;142(1):77–83.
27. Iribarne A, Easterwood R, Russo MJ, Chan EY, Smith CR, Argenziano M. Comparative effectiveness of minimally invasive versus traditional sternotomy mitral valve surgery in elderly patients. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012 Apr;143(4):S86–90.

28. Seco M, Cao C, Modi P, Bannon PG, Wilson MK, Valletly MP, et al. Systematic review of robotic minimally invasive mitral valve surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013 Oct 11;2(6):704–16.
29. Holzhey DM, Seeburger J, Misfeld M, Borger MA, Mohr FW. Learning minimally invasive mitral valve surgery: a cumulative sum sequential probability analysis of 3895 operations from a single high-volume center. *Circulation.* 2013 Jul 30;128(5):483–91.
30. Edelman JJB, Seco M, Dunne B, Matzelle SJ, Murphy M, Joshi P, et al. Custodiol for myocardial protection and preservation: a systematic review. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013 Nov;2(6):717–28.
31. Garbade J, Davierwala P, Seeburger J, Pfannmueller B, Misfeld M, Borger MA, et al. Myocardial protection during minimally invasive mitral valve surgery: strategies and cardioplegic solutions. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013 Nov;2(6):803–8.
32. Matzelle SJ, Murphy MJ, Weightman WM, Gibbs NM, Edelman JJB, Passage J. Minimally invasive mitral valve surgery using single dose antegrade Custodiol cardioplegia. *Heart Lung Circ.* 2014 Sep;23(9):863–8.
33. Liu J, Feng Z, Zhao J, Li B, Long C. The Myocardial Protection of HTK Cardioplegic Solution on the Long-Term Ischemic Period In Pediatric Heart Surgery: *ASAIO J.* 2008 Sep;54(5):470–3.
34. Lindner G, Zapletal B, Schwarz C, Wisser W, Hiesmayr M, Lassnigg A. Acute hyponatremia after cardioplegia by histidine-tryptophane-ketoglutarate – a retrospective study. *J Cardiothorac Surg.* 2012 Jun 10;7:52.
35. Vollroth M, Seeburger J, Garbade J, Borger MA, Misfeld M, Mohr FW. Conversion rate and contraindications for minimally invasive mitral valve surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(6):853.
36. Kaneko T, Loberman D, Gosev I, Rassam F, McGurk S, Leacche M, et al. Reoperative aortic valve replacement in the octogenarians-minimally invasive technique in the

- era of transcatheter valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014 Jan;147(1):155–62.
37. Byrne JG, Aranki SF, Couper GS, Adams DH, Allred EN, Cohn LH. Reoperative aortic valve replacement: partial upper hemisternotomy versus conventional full sternotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999 Dec;118(6):991–7.
38. Tabata M, Khalpey Z, Shekar PS, Cohn LH. Reoperative minimal access aortic valve surgery: minimal mediastinal dissection and minimal injury risk. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2008 Dec;136(6):1564–8.
39. Burfeind WR, Glower DD, Davis RD, Landolfo KP, Lowe JE, Wolfe WG. Mitral surgery after prior cardiac operation: port-access versus sternotomy or thoracotomy. *Ann Thorac Surg.* 2002 Oct;74(4):S1323-1325.
40. Walther T, Falk V, Mohr FW. Minimally invasive surgery for valve disease. *Curr Probl Cardiol.* 2006 Jun;31(6):399–437.
41. Casselman FP, La Meir M, Jeanmart H, Mazzarro E, Coddens J, Van Praet F, et al. Endoscopic mitral and tricuspid valve surgery after previous cardiac surgery. *Circulation.* 2007 Sep 11;116(11 Suppl):I270-275.
42. Bolotin G, Kypson AP, Reade CC, Chu VF, Freund WL, Nifong LW, et al. Should a video-assisted mini-thoracotomy be the approach of choice for reoperative mitral valve surgery? *J Heart Valve Dis.* 2004 Mar;13(2):155–158; discussion 158.
43. Sharony R, Grossi EA, Saunders PC, Schwartz CF, Ursomanno P, Ribakove GH, et al. Minimally invasive reoperative isolated valve surgery: early and mid-term results. *J Card Surg.* 2006 Jun;21(3):240–4.
44. Onnasch JF, Schneider F, Falk V, Walther T, Gummert J, Mohr FW. Minimally invasive approach for redo mitral valve surgery: a true benefit for the patient. *J Card Surg.* 2002 Feb;17(1):14–9.
45. Miceli A, Murzi M, Canarutto D, Gilmanov D, Ferrarini M, Farneti PA, et al. Minimally invasive mitral valve repair through right minithoracotomy in the setting of

degenerative mitral regurgitation: early outcomes and long-term follow-up. *Ann Cardiothorac Surg.* 2015;4(5):422.

46. Glauber M, Miceli A, Canarutto D, Lio A, Murzi M, Gilmanov D, et al. Early and long-term outcomes of minimally invasive mitral valve surgery through right minithoracotomy: a 10-year experience in 1604 patients. *J Cardiothorac Surg.* 2015 Dec 7;10:181.

VII. Résumé

INTRODUCTION - De nombreuses études prospectives non randomisées ont montré que la chirurgie mitrale mini-invasive pouvait être faite avec une morbidité comparable à la chirurgie conventionnelle et avec des résultats à moyen terme équivalents. Notre étude s'intéresse aux résultats de la chirurgie mini-invasive de la cohorte rouennaise.

PATIENTS ET METHODE – Les patients sélectionnés ont été opérés soit par thoracotomie droite assistée par une caméra vidéo ou par le robot Da Vinci Si®. Les pathologies traitées étaient les pathologies mitrales, les tumeurs intra-cardiaques, les communications inter-atriale, les insuffisances tricuspides et les fuites paravalvulaires.

RESULTAT – De 2008 à avril 2017, 238 patients ont bénéficié d'une approche vidéo-assistée de leur pathologie mitrale traitée dans 77% (n=183) des cas par plastie mitrale et 33% (n=55) par remplacement valvulaire. 26 patients ont été opérés à l'aide du robot. Le taux d'échec de plastie était de 4,6% (n=11) dans le groupe vidéo et de 7,7% (n=2) dans le groupe robot. La mortalité globale était de 2,3% avec un taux d'AVC de 0,98%. À 5,6 ans de suivi 92,2% des patients étaient vivant et 6,3ans, 81,4% n'avaient pas été réopérés.

CONCLUSION – La chirurgie cardiaque vidéo- et robot-assistée présente des résultats satisfaisants en terme d'efficacité et de sureté pour une population bien sélectionnée.