



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1  
FACULTE DE MEDECINE LYON EST

Année 2015 N° 134

**ETUDE DE LA PLACE DU SCANNER DANS LA PROCEDURE  
DE FERMETURE PERCUTANEE DE L'AURICULE GAUCHE**

**THESE**

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1

Et soutenue publiquement le 29 juin 2015

Pour obtenir le grade de Docteur en médecine

par

**Julie MAHE**

**née le 18 avril 1986**

**à Soisy-sous-Montmorency**



UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1  
FACULTE DE MEDECINE LYON EST

Année 2015 N° 134

**ETUDE DE LA PLACE DU SCANNER DANS LA PROCEDURE  
DE FERMETURE PERCUTANEE DE L'AURICULE GAUCHE**

**THESE**

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1

Et soutenue publiquement le 29 juin 2015

Pour obtenir le grade de Docteur en médecine

par

**Julie MAHE**

**née le 18 avril 1986**

**à Soisy-sous-Montmorency**

# UNIVERSITE CLAUDE BERNARD – LYON 1

---

. Président de l'Université	François-Noël GILLY
. Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales	François-Noël GILLY
. Secrétaire Général	Alain HELLEU

## **SECTEUR SANTE**

UFR DE MEDECINE LYON EST	Doyen : Jérôme ETIENNE
UFR DE MEDECINE LYON SUD – CHARLES MERIEUX	Doyen : Carole BURILLON
INSTITUT DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES (ISPB)	Directrice: Christine VINCIGUERRA
UFR D'ODONTOLOGIE	Directeur : Denis BOURGEOIS
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE READAPTATION	Directeur : Yves MATILLON
DEPARTEMENT DE FORMATION ET CENTRE DE RECHERCHE EN BIOLOGIE HUMAINE	Directeur : Pierre FARGE

## **SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

UFR DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES	Directeur : Fabien de MARCHI
UFR DE SCIENCES ET TECHNIQUES DES ACTIVITES PHYSIQUES ET SPORTIVES (STAPS)	Directeur : Claude COLLIGNON
POLYTECH LYON	Directeur : Pascal FOURNIER
I.U.T.	Directeur : Christian COULET
INSTITUT DES SCIENCES FINANCIERES ET ASSURANCES (ISFA)	Directeur : Véronique MAUME-DESCHAMPS
I.U.F.M.	Directeur : Régis BERNARD
CPE	Directeur : Gérard PIGNAULT

## Faculté de Médecine Lyon Est Liste des enseignants 2014/2015

### Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers Classe exceptionnelle Echelon 2

Cochat	Pierre	Pédiatrie
Cordier	Jean-François	Pneumologie ; addictologie
Etienne	Jérôme	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Gouillat	Christian	Chirurgie digestive
Guérin	Jean-François	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
Mauguière	François	Neurologie
Ninet	Jacques	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillessement ; médecine générale ; addictologie
Peyramond	Dominique	Maladie infectieuses ; maladies tropicales
Philip	Thierry	Cancérologie ; radiothérapie
Raudrant	Daniel	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Rudigoz	René-Charles	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale

### Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers Classe exceptionnelle Echelon 1

Baverel	Gabriel	Physiologie
Blay	Jean-Yves	Cancérologie ; radiothérapie
Borson-Chazot	Françoise	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
Denis	Philippe	Ophtalmologie
Finet	Gérard	Cardiologie
Guérin	Claude	Réanimation ; médecine d'urgence
Lehot	Jean-Jacques	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Lermusiaux	Patrick	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Martin	Xavier	Urologie
Mellier	Georges	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Michallet	Mauricette	Hématologie ; transfusion
Miossec	Pierre	Immunologie
Morel	Yves	Biochimie et biologie moléculaire
Mornex	Jean-François	Pneumologie ; addictologie
Neyret	Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Ninet	Jean	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Ovize	Michel	Physiologie
Ponchon	Thierry	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Pugeat	Michel	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
Revel	Didier	Radiologie et imagerie médicale
Rivoire	Michel	Cancérologie ; radiothérapie
Thivolet-Bejui	Françoise	Anatomie et cytologie pathologiques
Vandenesch	François	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Zoulim	Fabien	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie

## Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers

### Première classe

André-Fouet	Xavier	Cardiologie
Barth	Xavier	Chirurgie générale
Berthezene	Yves	Radiologie et imagerie médicale
Bertrand	Yves	Pédiatrie
Beziat	Jean-Luc	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
Boillot	Olivier	Chirurgie digestive
Braye	Fabienne	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie
Breton	Pierre	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
Chassard	Dominique	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Chevalier	Philippe	Cardiologie
Claris	Olivier	Pédiatrie
Colin	Cyrille	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Colombel	Marc	Urologie
Cottin	Vincent	Pneumologie ; addictologie
D'Amato	Thierry	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
Delahaye	François	Cardiologie
Di Fillipo	Sylvie	Cardiologie
Disant	François	Oto-rhino-laryngologie
Douek	Philippe	Radiologie et imagerie médicale
Ducerf	Christian	Chirurgie digestive
Dumontet	Charles	Hématologie ; transfusion
Durieu	Isabelle	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie
Ederly	Charles Patrick	Génétique
Fauvel	Jean-Pierre	Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie
Gaucherand	Pascal	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Guenot	Marc	Neurochirurgie
Gueyffier	François	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
Guibaud	Laurent	Radiologie et imagerie médicale
Herzberg	Guillaume	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Honorat	Jérôme	Neurologie
Lachaux	Alain	Pédiatrie
Lina	Bruno	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Lina	Gérard	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Mabrut	Jean-Yves	Chirurgie générale
Mertens	Patrick	Anatomie
Mion	François	Physiologie
Morelon	Emmanuel	Néphrologie
Moulin	Philippe	Nutrition
Négrier	Claude	Hématologie ; transfusion
Négrier	Marie-Sylvie	Cancérologie ; radiothérapie
Nicolino	Marc	Pédiatrie
Nighoghossian	Norbert	Neurologie
Obadia	Jean-François	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Picot	Stéphane	Parasitologie et mycologie
Rode	Gilles	Médecine physique et de réadaptation
Rousson	Robert-Marc	Biochimie et biologie moléculaire
Roy	Pascal	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
Ruffion	Alain	Urologie
Ryvlin	Philippe	Neurologie
Scheiber	Christian	Biophysique et médecine nucléaire

Schott-Pethelaz	Anne-Marie	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Terra	Jean-Louis	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
Tilikete	Caroline	Physiologie
Touraine	Jean-Louis	Néphrologie
Truy	Eric	Oto-rhino-laryngologie
Turjman	Francis	Radiologie et imagerie médicale
Vallée	Bernard	Anatomie
Vanhems	Philippe	Epidémiologie, économie de la santé et prévention

## Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers Seconde Classe

Allaouchiche	Bernard	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Argaud	Laurent	Réanimation ; médecine d'urgence
Aubrun	Frédéric	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Badet	Lionel	Urologie
Bessereau	Jean-Louis	Biologie cellulaire
Boussel	Loïc	Radiologie et imagerie médicale
Calender	Alain	Génétique
Charbotel	Barbara	Médecine et santé au travail
Chapurlat	Roland	Rhumatologie
Cotton	François	Radiologie et imagerie médicale
Dalle	Stéphane	Dermato-vénéréologie
Dargaud	Yesim	Hématologie ; transfusion
Devouassoux	Mojgan	Anatomie et cytologie pathologiques
Dubernard	Gil	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Dumortier	Jérôme	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Fanton	Laurent	Médecine légale
Faure	Michel	Dermato-vénéréologie
Fellahi	Jean-Luc	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Ferry	Tristan	Maladie infectieuses ; maladies tropicales
Fourneret	Pierre	Pédopsychiatrie ; addictologie
Gillet	Yves	Pédiatrie
Girard	Nicolas	Pneumologie
Gleizal	Arnaud	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
Guyen	Olivier	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Henaine	Roland	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Hot	Arnaud	Médecine interne
Huissoud	Cyril	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Jacquin-Courtois	Sophie	Médecine physique et de réadaptation
Janier	Marc	Biophysique et médecine nucléaire
Javouhey	Etienne	Pédiatrie
Juillard	Laurent	Néphrologie
Jullien	Denis	Dermato-vénéréologie
Kodjikian	Laurent	Ophtalmologie
Krolak Salmon	Pierre	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie
Lejeune	Hervé	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
Merle	Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Michel	Philippe	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Monneuse	Olivier	Chirurgie générale
Mure	Pierre-Yves	Chirurgie infantile
Nataf	Serge	Cytologie et histologie
Pignat	Jean-Christian	Oto-rhino-laryngologie
Poncet	Gilles	Chirurgie générale

Raverot	Gérald	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
Ray-Coquard	Isabelle	Cancérologie ; radiothérapie
Richard	Jean-Christophe	Réanimation ; médecine d'urgence
Rossetti	Yves	Physiologie
Rouvière	Olivier	Radiologie et imagerie médicale
Saoud	Mohamed	Psychiatrie d'adultes
Schaeffer	Laurent	Biologie cellulaire
Souquet	Jean-Christophe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Vukusic	Sandra	Neurologie
Wattel	Eric	Hématologie ; transfusion

### **Professeur des Universités - Médecine Générale**

Letrilliant	Laurent
Moreau	Alain

### **Professeurs associés de Médecine Générale**

Flori	Marie
Lainé	Xavier
Zerbib	Yves

### **Professeurs émérites**

Chatelain	Pierre	Pédiatrie
Bérard	Jérôme	Chirurgie infantile
Boulangier	Pierre	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Bozio	André	Cardiologie
Chayvialle	Jean-Alain	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Daligand	Liliane	Médecine légale et droit de la santé
Descotes	Jacques	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie
Droz	Jean-Pierre	Cancérologie ; radiothérapie
Floret	Daniel	Pédiatrie
Gharib	Claude	Physiologie
Itti	Roland	Biophysique et médecine nucléaire
Kopp	Nicolas	Anatomie et cytologie pathologiques
Neidhardt	Jean-Pierre	Anatomie
Petit	Paul	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Rousset	Bernard	Biologie cellulaire
Sindou	Marc	Neurochirurgie
Trepo	Christian	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Trouillas	Paul	Neurologie
Trouillas	Jacqueline	Cytologie et histologie
Viale	Jean-Paul	Réanimation ; médecine d'urgence

### **Maîtres de Conférence – Praticiens Hospitaliers Hors classe**

Benchaib	Mehdi	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
----------	-------	--

Bringuier	Pierre-Paul	Cytologie et histologie
Davezies	Philippe	Médecine et santé au travail
Germain	Michèle	Physiologie
Jarraud	Sophie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Jouvet	Anne	Anatomie et cytologie pathologiques
Le Bars	Didier	Biophysique et médecine nucléaire
Normand	Jean-Claude	Médecine et santé au travail
Persat	Florence	Parasitologie et mycologie
Pharaboz-Joly	Marie-Odile	Biochimie et biologie moléculaire
Piaton	Eric	Cytologie et histologie
Rigal	Dominique	Hématologie ; transfusion
Sappey-Marinier	Dominique	Biophysique et médecine nucléaire
Streichenberger	Nathalie	Anatomie et cytologie pathologiques
Timour-Chah	Quadiri	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
Voiglio	Eric	Anatomie
Wallon	Martine	Parasitologie et mycologie

### Maîtres de Conférence – Praticiens Hospitaliers

#### Première classe

Ader	Florence	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
Barnoud	Raphaëlle	Anatomie et cytologie pathologiques
Bontemps	Laurence	Biophysique et médecine nucléaire
Chalabrysse	Lara	Anatomie et cytologie pathologiques
Charrière	Sybil	Nutrition
Collardeau Frachon	Sophie	Anatomie et cytologie pathologiques
Cozon	Grégoire	Immunologie
Dubourg	Laurence	Physiologie
Escuret	Vanessa	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Hervieu	Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
Kolopp-Sarda	Marie Nathalie	Immunologie
Laurent	Frédéric	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Lesca	Gaëtan	Génétique
Maucort Boulch	Delphine	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
Meyronet	David	Anatomie et cytologie pathologiques
Peretti	Noel	Nutrition
Pina-Jomir	Géraldine	Biophysique et médecine nucléaire
Plotton	Ingrid	Biochimie et biologie moléculaire
Rabilloud	Muriel	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
Ritter	Jacques	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Roman	Sabine	Physiologie
Tardy Guidollet	Véronique	Biochimie et biologie moléculaire
Tristan	Anne	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Vlaeminck-Guillem	Virginie	Biochimie et biologie moléculaire

### Maîtres de Conférences – Praticiens Hospitaliers

#### Seconde classe

Casalegno	Jean-Sébastien	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
-----------	----------------	--

Chêne	Gautier	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Duclos	Antoine	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Phan	Alice	Dermato-vénéréologie
Rheims	Sylvain	Neurologie
Rimmele	Thomas	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Schluth-Bolard	Caroline	Génétique
Simonet	Thomas	Biologie cellulaire
Thibault	Hélène	Physiologie
Vasiljevic	Alexandre	Anatomie et cytologie pathologiques
Venet	Fabienne	Immunologie

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

Chanelière	Marc
Farge	Thierry
Figon	Sophie

## **Le serment 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 respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans discrimination.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance.

Je donnerai mes soins à l'indigent et je n'exigerai pas un salaire au dessus de mon travail.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

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

Je préserverai l'indépendance nécessaire et je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je perfectionnerai mes connaissances pour assurer au mieux ma mission.

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

## REMERCIEMENTS

Au Professeur Gérard FINET,

Merci de m'avoir confié ce travail de thèse que j'ai trouvé passionnant, et de me faire l'honneur de présider ce jury. J'ai beaucoup apprécié mon semestre dans votre service où j'ai pu énormément apprendre de votre expérience et de votre rigueur, je vous en remercie infiniment.

Au Professeur Norbert Nighoghossian,

Vous me faites l'honneur de juger ce travail, qui sera très enrichi par votre expertise. Veuillez accepter l'expression de mon plus profond respect et mes sincères remerciements.

Au Professeur Gilles Rioufol :

Vous avez dirigé ce travail passionnant avec beaucoup de gentillesse, une grande disponibilité, et de la patience. Je vous adresse mes plus sincères remerciements pour votre aide précieuse.

Au Docteur Hélène Thibault :

Je vous remercie sincèrement de me faire l'honneur de votre présence dans ce jury. Votre expertise en échographie rend votre avis primordial et viendra enrichir ce travail de thèse.

Au Docteur Roland Rossi :

Merci infiniment de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury, et merci pour votre accueil, et votre sympathie lors de mon semestre au 7<sup>e</sup> ainsi que tout au long de la préparation de cette thèse.

## **Merci...**

A ma famille :

A mes parents, merci pour tout ce que vous avez fait et merci d'être ces parents là. Maman, merci pour ta gentillesse infinie, et papa, pour ton optimisme dont j'essaye de m'inspirer.

Charlotte, merci d'être à la fois une amie, confidente, conseillère, styliste... Merci pour tous ces souvenirs, rigolades depuis toutes petites, et d'être là à chaque fois.

Laurène, la plus gentille ; ta force, ton petit caractère, et la façon dont tu réussis ta vie m'épatent et me rendent fière...

A mes grands mères,

Jeannette, j'admire ton intelligence de vie, et ta « positive attitude », merci de continuer à nous faire autant rire.

Monique, merci pour tout ce que tu as fait pour moi, et d'avoir fait tous ces kilomètres pour assister à ma thèse, cela me touche beaucoup.

A Jessy, le meilleur beau-frère imaginable, merci de t'occuper aussi bien d'elle.

A David et Ghalia, pour être toujours là même si on se voit peu. A Mathias, pour toutes ces parties de Baby foot, hand et autres, promis je vais progresser.

A Bruno et Martine : Merci pour votre présence à cette thèse, aux 15 galas de danse, pour les Noël, et pour les plans de table ! Laurent et Guillaume, merci de rester les mêmes et de me faire autant rire à chaque fois qu'on se voit !

A la grande et géniale famille des Mourey, et à Maxime, le plus beau.

Aux Vasseurs, Pascal pour m'avoir appris à conduire si tôt, Géraldine pour tous les bons moments de la « vie quot' », Ophélie, bravo pour ta réussite, et Marie, ne grandis pas trop vite c'est dur pour moi « techniquement »...

A Yassin, pour tout ce que tu es, et tout ce que tu m'apportes.

A mes amis :

A Nassima, pour tout ce chemin parcouru ensemble, du collège à la thèse, tu as rendu ces moments tellement plus faciles et agréables à vivre. Merci pour tous les fous rires qui continuent.

La Team, parce que vous êtes toujours là : Soazich, pour nos périples, et tout ce que tu m'as appris (cuisine, créneaux...), Alich pour ta joie de vivre et tes bons conseils, Fanny pour ton amitié inconditionnelle, Steph pour tes histoires si drôles et tes chansons si longues, Ghis je pense fort à toi, Hélin parce que tu ris à toutes mes blagues, Méli Mélo pour ta blondeur, Micky frère de ton parcours, Maguette, la plus belle, 107 dollars dommage que tu n'aies pas pu venir, à Pierre, Cecile et leur petite tribu...Et à tous les futurs membres juniors de la team qui arrivent bientôt...

Peipette, à notre amitié depuis 20 ans, et toutes nos aventures!

Aux cagolos : A Lucile, pour notre duo au Mali, et pour avoir aidé le destin...Florence, pour nos fous rires et nos voyages...Manu, merci « mon commandant » pour nos sessions ski qui vont continuer j'espère...

A Carole, Aude, Marion, pour tous ces bons moments passés ensemble, A Thibault, et Rémie-Anne, que j'ai hâte de revoir

A Chrystel, la première à m'accueillir à Lyon, merci d'avoir sauvé mon 1<sup>er</sup> Noël entre autres, je sais que tu es là et ça compte beaucoup.

Cécile, pour ton soutien quand il faut, je te souhaite le meilleur, vivement le Sri Lanka !

Marion R, une si jolie rencontre...Merci pour ton humour et ton soutien.

Marie L, pour ta joie de vivre, ton rire communicatif, et toutes tes bonnes paroles.

Asma, pour ton originalité et ta bonne humeur à chaque fois

Lisa, pour ton soutien, et ta bienveillance pendant mon internat.

Anissa, pour tous nos projets artistiques !

A Steph, Cécile et Lélia, mes pédiatres préférées : pour nos (minis) triatlons, frappadingues, chorés, et autres...

A Audrey et Flora pour notre super semestre, et tous ces midis si intéressants...

A François D, pour ta générosité et ton humour (et merci BEAUCOUP pour ton ordinateur...)

A Francis B, je te souhaite pleins de bonnes choses pour cette année loin d'ici

A Clara, je suis très heureuse de passer ces 2 années d'assistantat en ta compagnie

A toutes les personnes avec qui j'ai aimé travailler :

Au Pr Delahaye pour votre accueil, à Mr Guy pour tout ce que tu m'as appris dans la bonne humeur, à Virginie, Julie et Laurent pour mes premiers pas en cardio ...

A l'équipe paramédicale du 6<sup>e</sup>. Je suis heureuse et impatiente de travailler avec vous tous.

Aux filles du 7<sup>e</sup>, Jen, Isa, Cécilia, Delphine et les autres.

A Marie Hélène, Eric, Laurent et Emilie, pour m'avoir fait découvrir la médecine interne

A Véronique, Kévin et Julien, pour mes premiers pas en réa

A l'équipe du 41

Au Professeur Di Filippo pour votre gentillesse, et ce que vous m'avez appris.

A Mr Sassolas, merci d'avoir toujours transmis votre savoir avec autant de générosité.

A Corinne, j'ai beaucoup appris à ton contact, merci pour ton énergie communicative !

A Magali et Hervé pour ce formidable semestre en leur compagnie

A Micky pour ses chansons en stage

A l'équipe de St Jo, Marie, Thibault, Sylvain, Olivier, Julien, Benjamin, Jean-Raymond, merci pour le super semestre que j'ai passé avec vous, et pour votre accueil au CCJJ, votre gentillesse et tout ce que vous m'avez appris.

A la super équipe de réanimateurs, Mr Pommier, Sylvène, Manu, Florent, et Kim.

A l'équipe si dynamique des infirmiers et aides soignants de Saint Jo.

A Aurélie et Guillaume et tous ceux qui m'ont aidée, ce jour d'avril 2014...

A l'équipe de cardio du CHLS : Carine, Pierre-Yves, Sadia, Alice et Constance : pour votre super accueil l'été dernier, et pour m'avoir appris l'échographie et bien plus. Et bien sûr merci aux supers secrétaires et à Pascal, Sophie, et Nathalie pour leurs sketches entre 2 échos !

Aux cardiologues et aux secrétaires de la Protestante pour leur accueil chaleureux cette année

Au Pr Bonnefoy, merci pour ce formidable semestre dans votre service, et merci de m'y accueillir à nouveau très bientôt...

A Ingrid pour ta bonne humeur et ton calme en toutes circonstances

A Didier et Oualid pour ce qu'ils nous ont appris dans la bonne humeur.

A JB et son ETO Wifi...

A Thomas, Cyril et Elisabeth : très heureuse de travailler avec vous bientôt...

A l'équipe paramédicale de choc : merci pour vos petits plats, et votre soutien précieux pendant les gardes !

Un grand merci au Professeur Obadia, à Delphine Gamondes, Laura Mechtouff, Nathan, Sophie P et Mathieu S : pour vos avis et votre aide pour la rédaction de ma thèse.

A Yvonne, Muriel et Delphine pour m'avoir souvent aidé, et prêté un coin de bureau...

A tous les manipulateurs radio qui m'ont bien aidé aussi !

## TABLE DES ABREVIATIONS

ACP : Amplatzer Cardiac Plug  
AIT : Accident ischémique transitoire  
AG : Auricule gauche  
ACP : Amplatzer™ cardiac plug  
AVK : Antivitamine K  
AVC : Accident vasculaire cérébral  
ECG : Electrocardiogramme  
ETO : Echographie transoesophagienne  
ETT : Echographie tranthoracique  
FA : Fibrillation atriale  
FPAG : Fermeture percutanée de l'auricule gauche  
HIC : Hémorragie intra-cérébrale  
HTA : Hypertension artérielle  
OAD : Oblique antérieur droit  
OD : Oreillette droite  
OG : Oreillette gauche  
PDC : Produit de contraste  
TAVI : Transcatheter Aortic Valve Implantation  
VG : Ventricule gauche  
VPSG : Veine pulmonaire supérieure gauche  
2D : Deux dimensions  
3D : Trois dimensions

## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>17</b>
<b>I) FERMETURE DE L'AURICULE GAUCHE.....</b>	<b>18</b>
1. Historique, études.....	18
a) Fibrillation atriale et risque thromboembolique.....	18
b) Risque hémorragique sous anticoagulants.....	18
c) Exclusion chirurgicale de l'auricule gauche.....	22
d) Fermeture percutanée de l'auricule gauche.....	24
2. Procédure.....	24
a) Déroulement de la procédure.....	24
b) Complications.....	29
c) Traitements associés et suivi.....	29
3. Indications .....	30
<b>II) L'AURICULE GAUCHE.....</b>	<b>31</b>
1. Anatomie .....	31
2. Fonction.....	34
3. Auricule gauche et fibrillation atriale.....	36
<b>III) MESURES DE L'AURICULE GAUCHE.....</b>	<b>37</b>
1. Considérations géométriques.....	37
2. Importance d'une estimation correcte.....	38
3. Principaux outils de mesures de l'ostium auriculaire gauche.....	40
a) Echographie transoesophagienne bidimensionnelle.....	40
b) Echographie transoesophagienne tridimensionnelle.....	41
c) Angiographie.....	44
d) Angioscanner.....	44
e) Conditions de mesures.....	46
4. Comparaison des outils de mesure.....	46
5. Evaluation du scanner.....	49

<b>ARTICLE.....</b>	<b>50</b>
Introduction.....	51
Matériel et méthodes.....	52
Résultats.....	61
Discussion.....	71
<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>80</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>82</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>88</b>

# INTRODUCTION

# **I. FERMETURE DE L'AURICULE GAUCHE**

## **1) Historique, études**

### **a) Fibrillation atriale et risque thromboembolique**

Entre 600 000 et 1 million de personnes sont atteintes de fibrillation atriale (FA) en France, soit 1-2% de la population<sup>1</sup>, avec une incidence en augmentation du fait du vieillissement de la population. L'un des risques principaux de cette pathologie est le risque thromboembolique, principalement l'accident vasculaire cérébral (AVC) ischémique. Chez les patients âgés, plus de 20% des AVC ischémiques sont liés à la FA<sup>2</sup>. Le risque thromboembolique annuel est appréhendé par le score de CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub> VASC (*Tableaux 1a et 1b*). Pour prévenir ce risque, l'anticoagulation orale est recommandée<sup>1</sup>. Les anti vitamines K (AVK) sont les plus utilisés et permettent une réduction du risque relatif de 62% en prévention primaire ou secondaire<sup>3,4</sup>. Plus récemment, les anticoagulants de dernière génération (dabigatran, apixaban, et rivaroxaban) ont montré leur non infériorité voire pour certains leur supériorité par rapport à la warfarine dans la prévention des AVC ischémiques chez les patients en FA non valvulaire (en comparaison à la warfarine, réduction du risque relatif de 35% pour le dabigatran 300mg et de 21% pour l'apixaban)<sup>5-7</sup>.

### **b) Risque hémorragique sous anticoagulants**

Malheureusement, l'anticoagulation est source de complications hémorragiques, qui représentent la première cause d'hospitalisation pour effet indésirable lié à un médicament (17 000 hospitalisations par an en France)<sup>8</sup>. Le taux annuel d'hémorragies majeures sous AVK est de 7%/an, avec une issue parfois fatale (9,1% des hémorragies majeures chez les patients sous AVK depuis plus de trois mois)<sup>9</sup>. L'âge avancé<sup>10-12</sup>, l'hypertension artérielle non contrôlée, des INR labiles, et les chutes, constituent les principaux facteurs de risque hémorragique. Ce risque est évalué par le score HASBLED<sup>13</sup>, et par le score HEMORR<sub>2</sub>HAGE, plus adapté chez le patient âgé<sup>14</sup> (*Tableaux 2 et 3*).

L'hémorragie intra-cérébrale (HIC) est la complication la plus redoutée, avec une incidence de 1,15%/an sous AVK<sup>9</sup> soit 10 fois plus que dans la population générale<sup>16</sup>, et une issue plus souvent fatale que chez les patients indemnes d'anticoagulants<sup>16,17</sup>. L'incidence des HIC est plus faible avec les anticoagulants de dernière génération, mais reste significative (de 0,12 à 0,5%/an selon les molécules)<sup>5-7</sup>. Après une hémorragie cérébrale, le risque de récurrence est de 2,1%/an la première année<sup>18</sup>. Lorsque celle-ci est survenue sous anticoagulants, il existe une grande variation selon les centres dans la décision de reprise ou non de l'anticoagulation<sup>19</sup>. Les facteurs de risque de récurrence à prendre en compte dans cette décision sont : le siège lobaire de l'hématome (souvent lié à une angiopathie amyloïde), l'angiopathie amyloïde (à haut risque de récurrence)<sup>20</sup>, les microbleeds, des antécédents d'AVC ischémique<sup>21</sup>, d'autant plus si infarctus lacunaire<sup>22</sup>, un âge élevé, une hypertension artérielle non contrôlée. Selon les dernières recommandations<sup>23</sup> :

- L'anticoagulation n'est pas reprise après un HIC lobaire spontanée survenue sous AVK chez un patient en FA non valvulaire (IIa, B).
- La reprise de l'anticoagulation peut être considérée après une HIC profonde, quand le risque thromboembolique est élevé (IIa, B)<sup>23-25</sup>.
- La date d'une éventuelle reprise des anticoagulants est incertaine mais ce traitement est à éviter pendant au moins quatre semaines.
- En cas d'indication d'antiagrégation plaquettaire par Aspirine en monothérapie, celle-ci peut être reprise quelques jours après l'hémorragie (IIa, B).

Bien que le risque hémorragique semble plus faible sous anticoagulants oraux de dernière génération, l'utilisation de ces traitements après une HIC chez les patients en FA non valvulaire pour diminuer le risque de récurrence reste à déterminer.

La prescription d'anticoagulants repose souvent sur une balance bénéfice-risque, mais dans certaines populations ce choix est difficile, les patients à haut risque thromboembolique étant souvent ceux à haut risque hémorragique<sup>15</sup>.

### Score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub> VASC (1a)

	Caractéristiques	Pts
<b>C</b>	Dysfonction VG ou IC	1
<b>H</b>	HTA	1
<b>A<sub>2</sub></b>	Age supérieur à 75 ans	2
<b>D</b>	Diabète	1
<b>S<sub>2</sub></b>	AVC/AIT/embolie	2
<b>V</b>	Maladie vasculaire	1
<b>A</b>	Age 65-74 ans	1
<b>Sc</b>	Sexe féminin	1

### 1b.

Score	Risque thromboembolique annuel
0	0%
1	1,3%
2	2,2%
3	3,2%
4	4%
5	6,7%
6	9,8%
7	9,6%
8 ou 9	15,2%

### Score HASBLED (2a)

	Caractéristiques <sup>a</sup>	Points
<b>H</b>	HTA non contrôlée (PAS>160mmHg)	1
<b>A</b>	Dysfonction rénale ou hépatique	1 ou 2
<b>S</b>	AVC	1
<b>B</b>	Saignement	1
<b>L</b>	INR labiles	1
<b>E</b>	Age supérieur à 65 ans	1
<b>D</b>	Alcool ou médicaments	1 ou 2

### 2b.

Score	Incidence hémorragique annuelle
0	1,9%
1	2,5%
2	5,3%
3	8,4%
4	10,4%
≥5	12,3%

**Tableaux 1a, 1b, 2a, et 2b.** D'après ESC guidelines, 2010.

<sup>a</sup>Hypertension définie par une PAS>160 mmHg, dysfonction rénale définie par une créatininémie > 200 micromol/L, dysfonction hépatique définie par une maladie hépatique chronique (cirrhose par ex.), ou des anomalies biologiques (par ex. bilirubine>2 x Normale (N), associé à ASAT/ALAT/PAL > 3 x N, etc.). « saignement » fait référence à des antécédents de saignements et/ou une prédisposition aux saignements, par ex. anémie etc. « IRN labiles » fait référence à des INR instables ou élevés ou un faible temps dans la cible thérapeutique (par ex.<60%). « Alcool ou médicaments » fait référence à l'utilisation concomitante de médicaments tels que les AAP, AINS, ou à l'abus d'alcool.

### Score HEMORR<sub>2</sub>HAGE (3a)

	Caractéristiques	Points
<b>H</b>	Maladie rénale ou hépatique <sup>a</sup>	1
<b>E</b>	Ethylisme chronique	1
<b>M</b>	Malignité	1
<b>O</b>	Age ≥ 75 ans	1
<b>R</b>	Thrombopénie	1
<b>R<sub>2</sub></b>	Risque récidive saignement (=ATCD saignement)	2
<b>H</b>	HTA non contrôlée	1
<b>A</b>	Anémie <sup>b</sup>	1
<b>G</b>	Génétique (CYP2C9)	1
<b>E</b>	Risque de chute	1
<b>S</b>	AVC	1

### 3b

Score	Incidence hémorragique annuelle
0	1,9%
1	2,5%
2	5,3%
3	8,4%
4	10,4%
≥5	12,3%

**Tableaux 3a et 3b** D'après Gage et al. 2006

<sup>a</sup> cirrhose ou TRANSAMINASES ≥2N ou albumine ≤3,6g/dL, maladie rénale : clairance créatinine ≤30mL/min

<sup>b</sup> Hb ≤10g/dL ou perte récente de ≥3g/dL

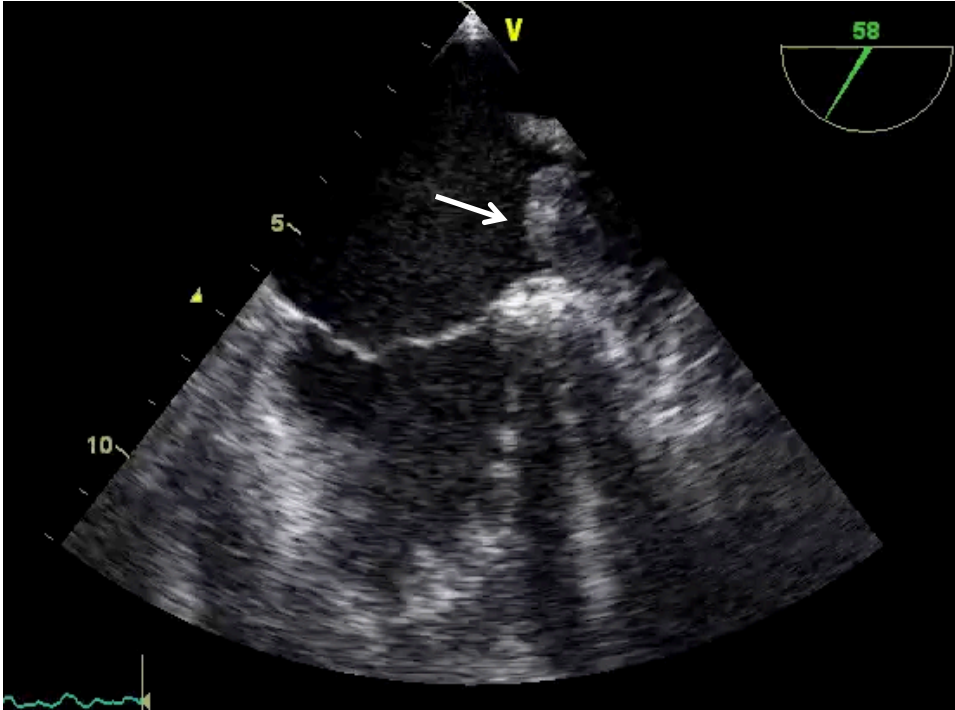
### c) Exclusion chirurgicale de l'auricule gauche

D'après une méta analyse de Blackshear et al, en 1996, chez les patients en FA non valvulaire porteurs d'un thrombus dans l'oreillette gauche (OG), 91% de ces thrombi se situaient dans l'auricule gauche (AG)<sup>26-15</sup> (**Figure 1**). Ceci confirmait déjà que l'exclusion de l'AG pouvait être une stratégie de prévention des AVC ischémiques dans la FA non valvulaire. Cette technique devait donc être considérée, en addition d'une chirurgie cardiaque, pour réduire le risque d'AVC, d'autant plus chez les patients contre indiqués aux AVK<sup>27</sup>. Les exclusions chirurgicales de l'auricule gauche sont réalisables par différentes techniques :

- Par voie épiscopardique (externe sans nécessité d'ouverture des cavités cardiaques), exclusion par une bourse tout autour de la racine de l'auricule avec, ou le plus souvent, sans résection de ce dernier.
- Par voie endocardique : lorsque l'oreillette gauche est ouverte il est possible de réaliser un surjet ou une bourse à la racine de l'auricule pour l'exclure de l'intérieur. La résection de l'auricule gauche n'est également pas nécessaire.

Ces gestes ont en commun un triple risque : ischémique (sur l'artère circonflexe) ; hémorragique, le tissu auriculaire étant extrêmement fragile ; et la fermeture incomplète<sup>28,29</sup>, en particulier pour les fermetures endocardiques où le surjet peut partiellement déchirer. Cela conduit à un geste qui est presque plus délétère que de ne rien faire, puisque le récessus auriculaire expose alors au risque de formation de thrombus. Depuis l'avènement des techniques moins invasives en particulier sur les valves mitrales réalisées sous contrôle vidéo, des techniques d'exclusion de l'auricule gauche par thoracotomie droite en utilisant du matériel adapté (clips orientables) ont été réalisés, avec des succès mitigés.

Il n'existe pas de recommandation précise<sup>30,31</sup> et le rapport bénéfice / risque doit être bien évalué. Une étude randomisée comparant l'exclusion chirurgicale de l'AG au cours d'une chirurgie et la poursuite du traitement pharmacologique conventionnel bien conduit est en cours (étude LAAOS III, résultats prévus pour 2016)<sup>32</sup>.



**Figure 1.** Image par échographie transoesophagienne de thrombus auriculaire gauche  
*D'après Echocardiographie pratique.*

#### **d) Fermeture percutanée de l'auricule gauche**

Il semblait évident qu'une alternative non pharmacologique et mini invasive au traitement anticoagulant oral pouvait trouver sa place chez les patients en FA. Le développement de la cardiologie interventionnelle ces dernières années, et notamment la pratique de l'abord trans-septal, lors de procédures rythmologiques ou de fermetures de communications inter-auriculaires, a permis l'apparition d'une technique de prévention thromboembolique consistant en la fermeture de l'auricule gauche par un dispositif prothétique, par voie percutanée.

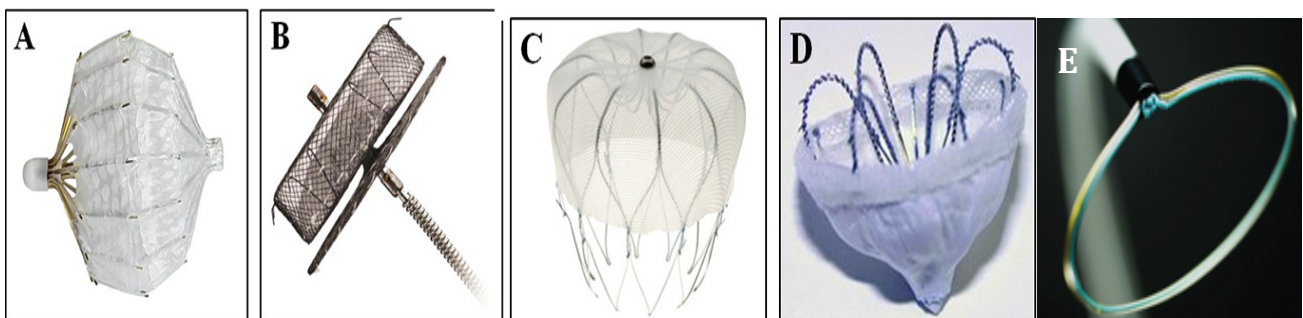
Les premières interventions de fermeture percutanée de l'auricule gauche (FPAG) ont été réalisées en 2001 en Allemagne. A partir de 2009, suite à l'étude PROTECT-AF<sup>33</sup>, la FPAG par prothèse Watchman™ apparaît comme une alternative au moins aussi efficace que la Warfarine dans la prévention du risque thromboembolique chez les patients en FA non valvulaire<sup>33-35</sup>, y compris à long terme, avec un recul de 4 ans : pour le critère composite associant embolie systémique, AVC ischémique ou hémorragique et décès de cause cardiovasculaire ou inexplicée : taux d'événement de 2,3%/an dans le groupe FPAG versus 3,8%/an dans le groupe Warfarine, avec risque relatif de 0,6 (IC95%(0,4-1))<sup>35</sup>. Chez les patients contre-indiqués aux anticoagulants, l'étude ASAP suggère une réduction du risque relatif d'AVC ischémique de 64% chez les patients ayant bénéficié de l'implantation d'une prothèse Watchman™ associée à 6 mois de double antiagrégation relayée par de l'aspirine seule<sup>36</sup>. Les résultats sont similaires avec un autre type de prothèse, l'Amplatzer™ Cardiac Plug (ACP)<sup>37-39</sup>. Après une courbe d'apprentissage, le taux actuel de complications liées à la procédure est d'environ 3,7%<sup>34,40</sup>.

## 2) Procédure de fermeture percutanée de l'auricule gauche

### a) Déroulement de la procédure

Cinq types de dispositifs existent (**Figure 2**):

- **PLAATO™** (eV3, Inc., Sunnyvale, CA, USA), prothèse « historique », qui n'est actuellement plus commercialisée.
- **Amplatzer Cardiac Plug™** (Saint-Jude Medical, Minneapolis, MN, USA), même design que les dispositifs de fermeture de CIA, avec un disque proximal recouvrant l'ostium de l'auricule gauche et un lobe d'ancrage déployé 10-15 mm sous l'ostium. Plusieurs tailles sont disponibles (de 16 à 30 mm).
- **Watchman™** (Atritech Inc., Plymouth, MN, USA), en forme de « parapluie », composé d'un cadre de nitinol autoexpandable, avec ancrs de fixation et recouvert d'un revêtement tissu en polyester perméable et capable d'occlure l'AG. Cette prothèse est déployée 10 à 20mm sous l'ostium. Plusieurs tailles sont disponibles : de 21 à 33mm de diamètre (longueurs correspondant allant de 20,2 à 31,5mm).
- **Wavecrest System™** (Coherex Medical, Salt Lake City, UT, USA), même système que le Watchman™.
- **Lariat™** (Sentre Heart, Redwood City, CA, USA), approche différente des autres dispositifs, consistant en une ligature percutanée par voie endo et épiscopardique : système délivré par abord combiné, associant voie percutanée péricardique, et voie endovasculaire avec abord transseptal.



**Figure 2.** A) PLAATO B) Amplatzer Cardiac Plug C) Watchman D) Wavecrest E) Lariat

La procédure se déroule dans une salle de cardiologie interventionnelle, à proximité d'un plateau chirurgical, sous anesthésie locale et neuraleptanalgie ou anesthésie générale. L'échographie transoesophagienne (ETO), débutée juste avant la procédure, permet de

vérifier l'absence de thrombus dans l'auricule gauche, et de réaliser des mesures de l'ostium afin d'aider au choix de la taille de la prothèse.

La voie d'abord est veineuse fémorale, puis ponction trans-septale guidée par ETO. Repérage de l'orientation dans une direction antéropostérieure en petit axe au niveau basal (approximativement incidence 45°) (**Figure 3A**), et repérage cranio caudal en coupe bi-cavale (incidence 90-120°) (**Figure 3B**). Le point de ponction doit être choisi selon la position et l'orientation de l'AG : plus celui-ci est antérieur ou inférieur, plus la ponction doit être supérieure ; et plus son axe est crânial, plus la ponction doit être inférieure<sup>41</sup>. Souvent, une ponction au niveau postérieur et inférieur est optimale pour permettre une approche frontale de l'orifice de l'AG et ainsi limiter le risque de perforation cardiaque<sup>42</sup> (**Figure 3C**).

Une fois la ponction transseptale effectuée, montée d'une gaine d'accès sur un guide jusque dans l'oreillette gauche puis mise en place d'une sonde *pigtail* (queue de cochon) dans l'auricule gauche. Son extrémité molle limite le risque de perforation. (**Figures 3D et 3E**). L'opacification par injection de produit de contraste iodé permet de réaliser des mesures angiographiques de l'ostium et de la profondeur de l'auricule, le plus souvent en incidence Oblique Antérieur Droit (OAD) 25°, caudal 20° ou OAD 25°, crânial 20°.

Le choix de la taille de la prothèse se fait dans la plupart des centres à l'aide des données angiographiques et échographiques (**Figures 3F et 3G**).

Une gaine de distribution est introduite (taille 12 French), et le déploiement de la prothèse est effectué sous contrôle échographique et scopique, par rétraction de cette gaine. L'axe de la prothèse doit être selon le plus grand axe de l'AG pour les dispositifs Watchman, et selon l'axe du « cou » de l'AG pour les ACP (**Figure 4**).

**Figures 3A à 3J.** Images ETO et angiographiques per procédure.

**A et B :** Images ETO de la ponction transseptale (Incidence 70° à gauche et coupe bicavale à 120° à droite).

**C :** Schéma montrant qu'une ponction plus postérieure permet une approche coaxiale de l'AG

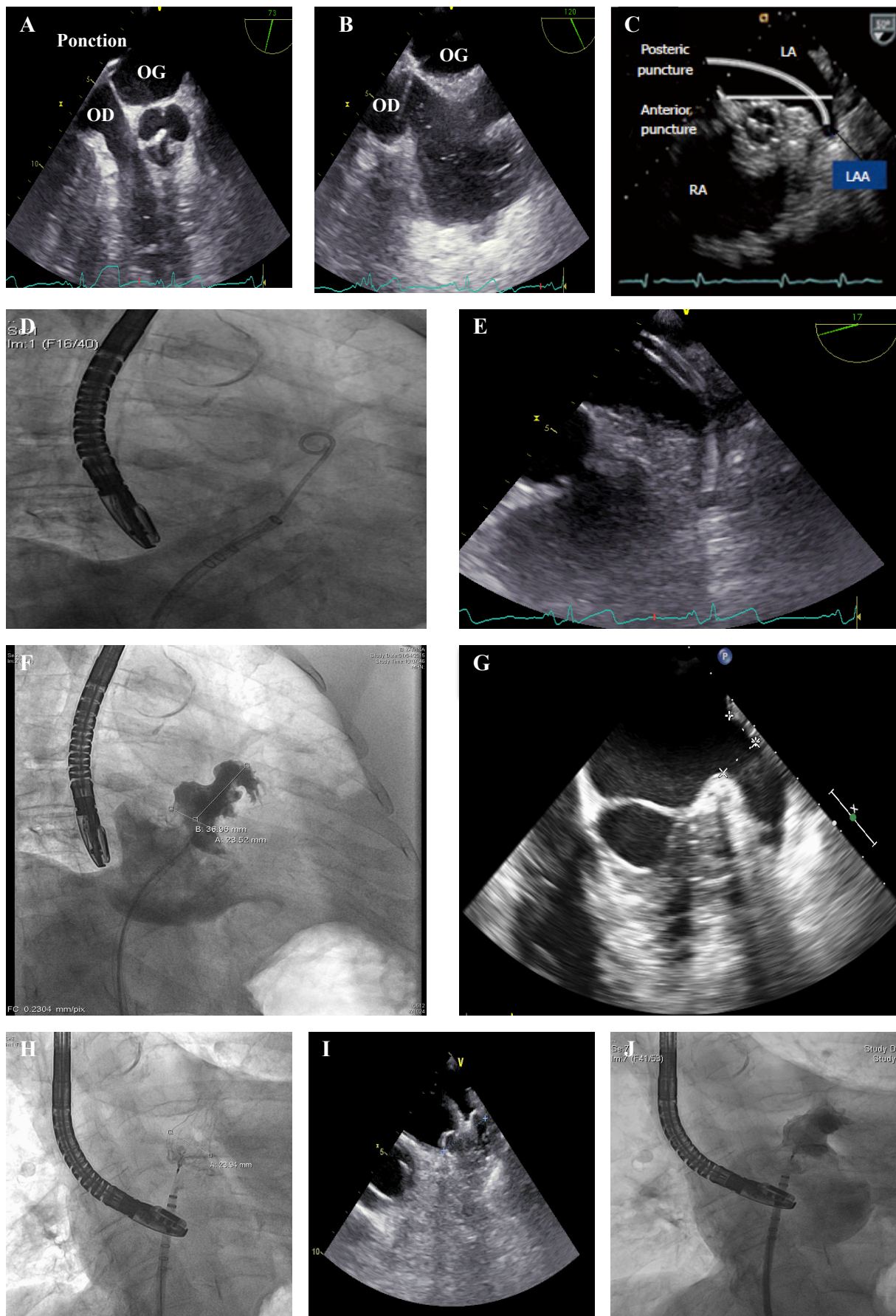
**D :** Images angiographiques, cathéter queue de cochon dans l'AG et introduction de la gaine de distribution

**E :** image ETO de la gaine en place dans l'AG.

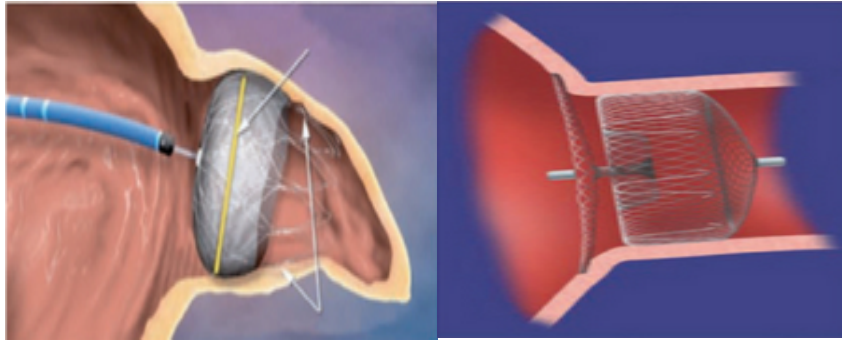
**F et G :** Mesure de la zone d'ancrage de la prothèse (par angiographie après injection de produit de contraste à gauche, par ETO à droite).

**H et I :** Déploiement de la prothèse, et mesure de sa taille angiographie et ETO.

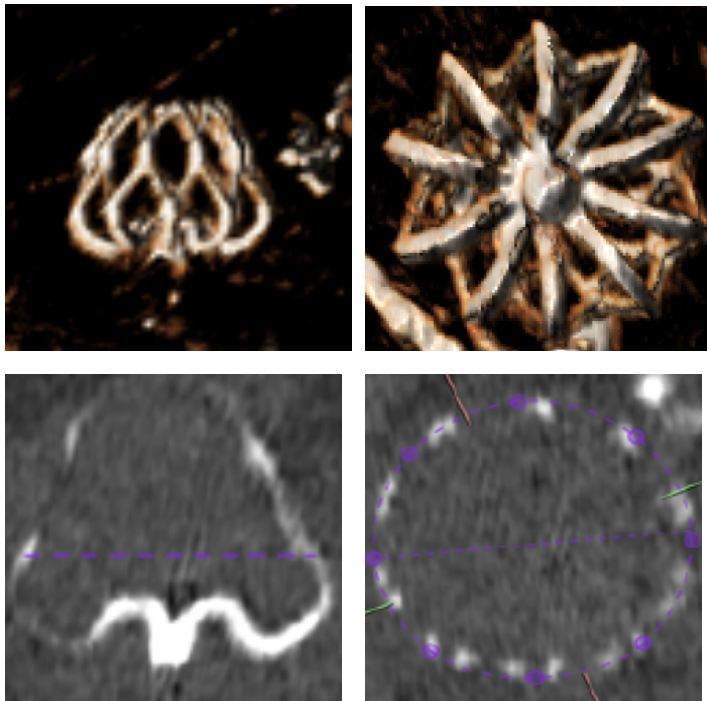
**J :** Contrôle opacification et absence de fuites par angiographie.



**Figures 3A à 3J.** Images ETO et angiographiques per procédure (Cf légende).



**Figure 4A.** Schéma de l'implantation d'une prothèse Watchman™ (à gauche), et d'une Amplatzer Cardiac Plug™ (à droite).



**Figure 4B.** Prothèse Watchman™ implantée, reconstruction 3D d'images scannographiques en haut, vues scannographiques de la prothèse en coupe coronale en bas à gauche et en oblique transverse en bas à droite.

Le succès d'implantation, contrôlé immédiatement par l'ETO et l'angiographie, est défini, selon les critères Watchman™ par :

- une prothèse en place, avec une extrémité proximale dans le plan, ou juste au dessus de l'orifice de l'AG (protrusion < 9mm)
- une stabilité de la prothèse, contrôlée par le « TUG-test » : traction douce exercée sur le cathéter relié à la prothèse. Le déplacement simultané de la prothèse et des tissus adjacents signe une bonne stabilité du dispositif.
- l'absence de fuite para prothétique significative (fuite supérieure à 3 mm en doppler couleur)
- une compression optimale (soit entre 8 et 20% de la taille de prothèse) vérifiée par mesure de la taille de prothèse après implantation en ETO. La compression optimale est définie par un effet « pneumatique » suffisant pour obtenir une stabilité de la prothèse, tout en évitant une compression excessive<sup>33</sup>.
- l'absence de complication : absence d'épanchement péricardique, ou de conflit avec les structures adjacentes (vérification perméabilité VPSG, absence d'apparition ou d'aggravation d'une insuffisance mitrale).

Si ces critères sont réunis, la prothèse est larguée. En cas de mauvaise position ou d'un degré de compression non optimal signifiant une taille non adaptée du dispositif, le cathéter de mise en place permet sa recapture pour le replacer ou le changer.

## **b) Complications**

Les complications éventuelles, dans un centre expérimenté, sont :

Périprocédurales :

- Effusion péricardique, parfois compliquée d'une tamponnade avec nécessité de drainage percutané (1,5%), ou chirurgical ( $\leq 1\%$ )
- AVC ischémique per procédure ( $< 1\%$ )
- Embolisation du dispositif (1%)
- Embolie gazeuse ( $\leq 1\%$ )
- Complications au point de ponction

Tardives :

- Thrombose sur prothèse (4%), compliquée d'AVC ischémique ( $\leq 1\%$ )

Leur taux global a significativement diminué avec l'expérience des opérateurs<sup>35,40</sup> (taux global passé de 8,7% pour l'étude PROTECT AF (2009) à 3,7% dans CAP (2011), les principales étant les complications au point de ponction et les effusions péricardiques.

## **c) Traitement associé et suivi**

Un traitement par warfarine est administré pendant 45 jours, relayée par une double antiagrégation par aspirine-clopidogrel pendant six mois (temps d'endothélialisation de la prothèse), puis aspirine seule<sup>33</sup>. Chez les patients contre-indiqués aux anticoagulants, traitement uniquement par une double anti-agrégation plaquettaire pendant six mois, puis aspirine seule (étude ASAP<sup>36</sup>). Une prophylaxie de l'endocardite infectieuse est nécessaire durant les 6 mois qui suivent l'implantation.

Le suivi du patient, à 45 jours, 6 mois et un an, est clinique, biologique, et morphologique (échographie transthoracique post procédure, et ETO sous anesthésie générale à 45 jours, et à 6 mois<sup>33</sup>).

### **3) Indications**

Selon les dernières recommandations de l'ESC (2012), chez les patients à risque élevé d'accident thromboembolique, et contre-indiqués aux anticoagulants, la fermeture percutanée de l'auricule gauche peut être envisagée (classe IIb)<sup>1</sup>. Selon un rapport de l'HAS en 2014, les indications se résument à une FA non valvulaire à haut risque embolique ( $CHA_2DS_2-VASC \geq 4$ ) et une contre-indication formelle et permanente aux anticoagulants<sup>43</sup>. La procédure ne peut pas être réalisée en cas d'infection évolutive, ou de thrombus auriculaire gauche.

Plus récemment, selon un consensus d'expert internationaux de 2015<sup>44</sup>, les indications pourraient s'élargir : la procédure serait recommandée en cas de contre-indication aux anticoagulants, y compris ceux de dernière génération ; chez les patients refusant l'anticoagulation en dépit d'une information adéquate à propos des différentes modalités d'anticoagulation ; en cas de risque hémorragique élevé évalué par le score HAS-BLED ; en cas de nécessité d'une triple thérapie antiagrégante et anticoagulante prolongée, par exemple après stenting coronaire ; ou en cas de risque hémorragique élevé non reflété par le score HASBLED.

En France, la procédure n'est pas encore remboursée (coût du dispositif d'environ 5000 euros), une demande de prise en charge est en cours pour les patients à haut risque embolique ayant une contre-indication aux anticoagulants. Le remboursement de la prothèse devrait être adopté durant l'année 2015.

Depuis fin 2012, tous les patients bénéficiant d'une fermeture percutanée d'AG dans un centre français sont inclus dans le registre FLAAC, recueillant les caractéristiques de chaque patient, le déroulement de la procédure, et le suivi à 6 mois et un an.

L'efficacité et la sécurité d'une telle procédure impliquent une connaissance détaillée de l'auricule gauche en général, de son anatomie, et de sa physiologie.

## II. L'AURICULE GAUCHE

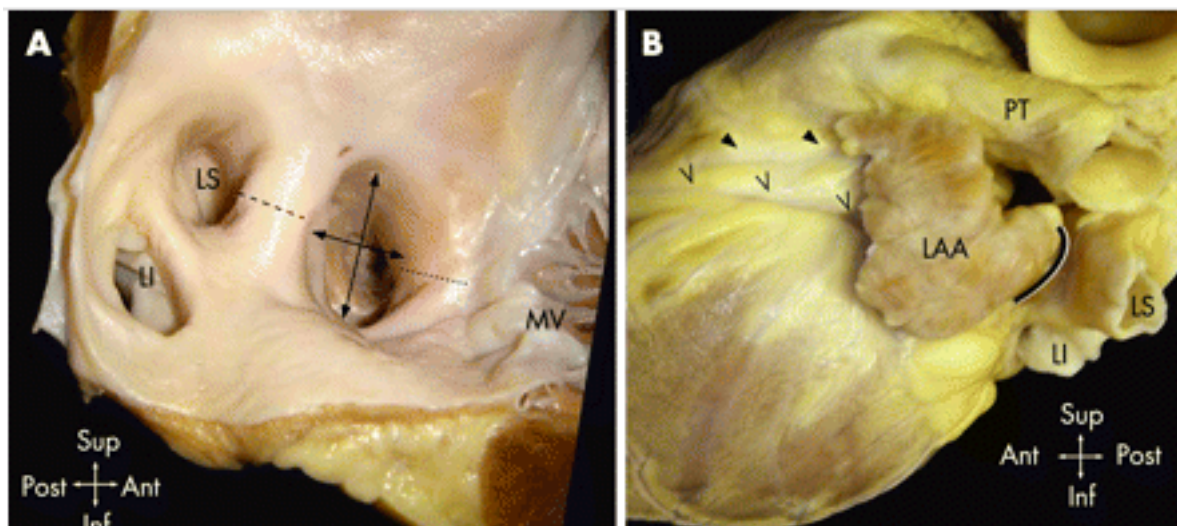
### 1) Anatomie

#### Origine embryologique

L'auricule gauche dérive de l'origine embryologique de l'oreillette gauche et se développe durant la 3<sup>e</sup> semaine de gestation. Le cloisonnement de l'oreillette en oreillette droite (OD) et oreillette gauche (OG) se fait à partir de la 4<sup>e</sup> semaine de gestation. Puis la veine pulmonaire primitive et une partie de ses branches s'incorporent à l'OG, ce qui formera la partie large à paroi lisses de l'OG adulte. L'OG embryonnaire est exclusivement représentée sur le cœur adulte par l'auricule gauche, et ses parois sont trabéculées<sup>45</sup>.

#### Rapports anatomiques (Figure 5).

L'auricule gauche est posé sur le mur libre du ventricule gauche et s'abouche à l'oreillette gauche. L'AG a une forme tubulaire avec une pointe crochue à orientation le plus souvent basse. L'axe principal de l'AG est le plus souvent tortueux et spiralé. Son orifice est logé entre la veine pulmonaire supérieure gauche et le ventricule gauche, sur le versant antérolatéral de l'OG. Il est de forme ovale<sup>46</sup>. L'artère circonflexe passe proche de cet orifice. Ses rapports anatomiques sont donc la veine pulmonaire supérieure gauche, la valve mitrale, et l'artère circonflexe. La distance moyenne avec ces structures est d'environ 10 mm<sup>46</sup>.



**Figure 5.** Rapport de l'AG. Vue interne (A) et épicaudique de l'AG (B). *D'après Su et al.*

LS : veine pulmonaire supérieure gauche, MV : valve mitrale, LI veine pulmonaire inférieure gauche, artère circonflexe (triangles noirs), et grande veine cardiaque (v), ostium (arc noir), PT : tronc artère pulmonaire.

## Morphologie de l'auricule gauche

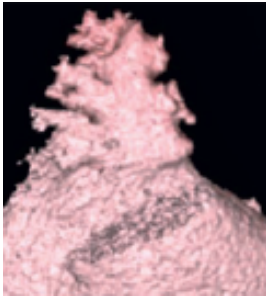
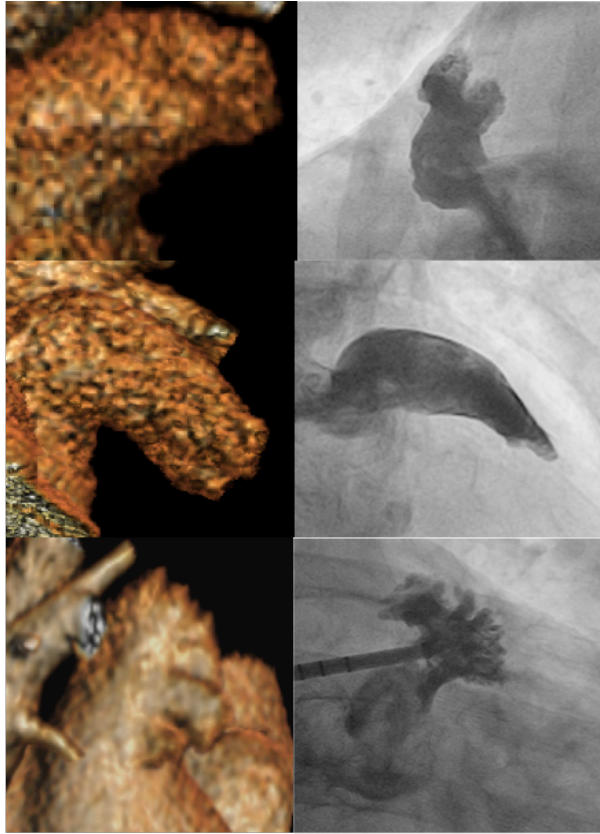
Il existe une grande variabilité dans les formes, et tailles de l'auricule gauche<sup>46-49</sup>. Sa taille augmente globalement jusqu'à l'âge de 20 ans. L'orifice mesure de 10 à 24,1 mm de grand axe et 5,2 à 19,5 mm de petit axe. Sa longueur moyenne est de 30 mm ; son volume moyen est de 5,22 ml<sup>46</sup>. L'AG comprend un ostium, un « cou », et un ou plusieurs lobes.

Quatre-vingt quatre pour cents des AG sont multilobés, dont 54% bilobés.

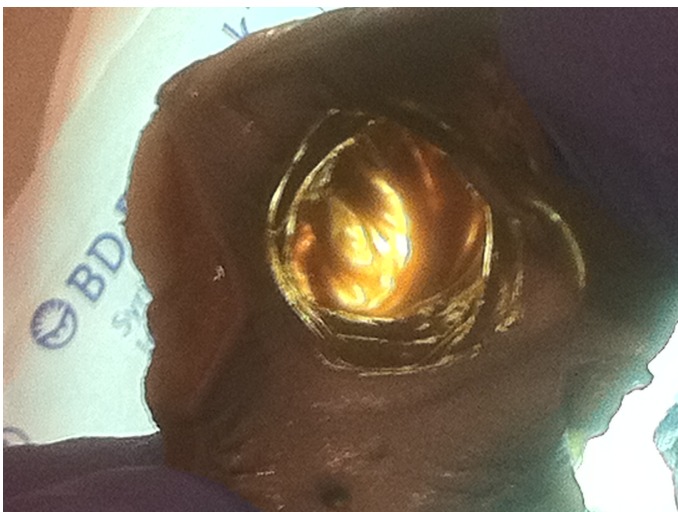
4 types de morphologie (**Figure 6**) ont été mis en évidence sur des analyses post-mortem<sup>50</sup> :

- Aile de poulet (Chicken-wing) (48%) : avec une courbure franche dans la partie proximale ou moyenne du lobe dominant ou un « repli » de l'AG sur lui même à distance de l'ostium. Il peut avoir des lobes secondaires.
- Cactus (30%) : avec un lobe dominant central et des lobes secondaires s'étendant vers le haut ou vers le bas à partir de ce lobe central
- Manche à air (Wind sock) (19%) : il présente un lobe dominant tout en longueur, avec des variations comportant des lobes secondaires ou tertiaires naissant du lobe dominant, de localisation variable.
- Brocoli (Cauliflower) (3%) : longueur globale plus limitée, et structure interne complexe, avec une forme plus irrégulière de l'ostium et un nombre variable de lobes, sans lobe dominant.

L'intérieur de l'AG est tapissé de muscles pectinés, ce qui rend sa paroi trabéculée, contrairement au reste de l'oreillette, provenant de l'incorporation des veines pulmonaires, dont les parois sont lisses. L'examen par transillumination d'auricules gauches montre que ses parois distales sont très fines, quasiment transparentes, mesurant parfois moins d'un millimètre d'épaisseur<sup>46</sup> (**Figure 7**), essentiellement dans la première et la dernière décade de la vie<sup>48</sup>.



**Figure 6.** Différentes morphologies d'auricules en images de reconstruction scannographique à gauche et angiographiques à droite. Type « manche à air » en haut, « aile de poulet » puis « brocoli » au centre, et « cactus » en bas.

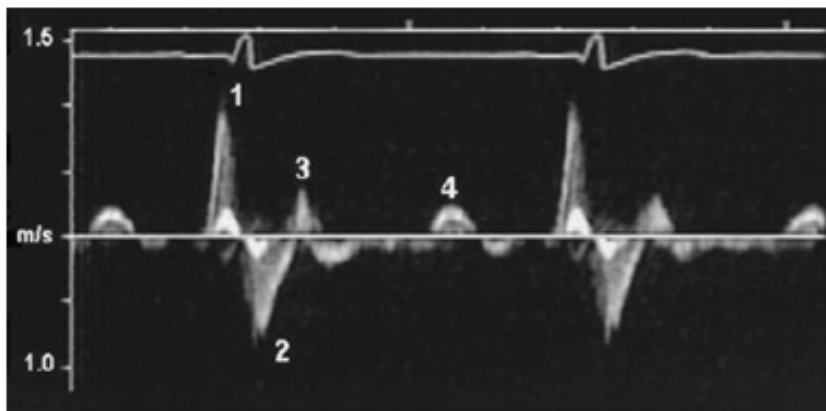


**Figure 7:** Photographie de transillumination d'un auricule gauche post mortem. D'après Pr Finet et Pr Rioufol.

## 2) Fonction

L'auricule gauche a longtemps été considérée comme inutile. C'est en réalité une structure importante et les pratiques, de plus en plus répandues, d'ablations de FA, ou de fermetures chirurgicales ou percutanées de l'AG ont augmenté l'intérêt porté à cette structure ; de nombreux rôles physiologiques lui ont ainsi été découverts.

Le flux intra auriculaire gauche est composé de plusieurs ondes en doppler pulsé, signifiant qu'il a des propriétés de contraction et de remplissage. La première onde, positive, télé diastolique, correspond à sa **contraction** ; son pic est souvent mesuré afin d'évaluer le risque de formation de thrombus (risque élevé en cas de vitesse de vidange  $\leq 20\text{cm/sec}^{51}$ ). La deuxième onde, négative, est en début de systole et correspond au **remplissage** de l'auricule, la troisième est inconstante et est présente en cas de vitesses de vidange élevées, la quatrième correspond à une **vidange passive**, par compression de la paroi médiane de l'auricule par la base du ventricule gauche lors de la diastole<sup>52</sup> (**Figure8**).



**Figure 8.** Flux enregistré en doppler pulsé dans l'auricule gauche, en rythme sinusal.  
*D'après Agmon et al. (JACC, 1999).*

La présence de récepteurs sensitifs pariétaux a été suggérée par une étude canine dans laquelle un étirement de l'AG entraînait une augmentation de la **fréquence cardiaque, de la diurèse et de la natriurèse**<sup>53</sup>. Les récepteurs de l'AG jouent également un rôle dans la **sensation de soif** : une étude chez des moutons a montré qu'après obturation de l'AG, ceux-ci n'augmentaient pas leur consommation d'eau en cas de déplétion volumique, contrairement aux cas témoins<sup>54</sup>.

L'AG est une structure compliant exerçant une fonction de « **réservoir** », démontrée chez les animaux<sup>55</sup>, mais aussi chez l'homme avec un monitoring après clampage per-opératoire de l'auricule gauche, mettant en évidence une hausse des vitesses des flux transmitraux et transpulmonaires, ainsi qu'une hausse de la pression intra auriculaire gauche et de la taille de l'OG<sup>56</sup>.

La contraction de l'auricule gauche participe également au **maintien d'un débit cardiaque**, en améliorant la pré charge par un meilleur remplissage ventriculaire gauche<sup>57</sup>.

Enfin, l'AG a une fonction **endocrine** par fabrication et libération d' « atrial natriuretic peptide » (ANP), et possiblement de « brain natriuretic peptide » (BNP), hormones aux propriétés natriurétiques, diurétiques, et vasodilatatrices. La concentration en ANP dans l'AG est 40 fois plus élevée que dans le reste de la paroi de l'oreillette et du ventricule<sup>58,59</sup>.

On ignore si tout cela a une implication clinique importante mais on peut comprendre et anticiper le fait que la fermeture chirurgicale ou percutanée de l'AG pourrait engendrer des modifications hémodynamiques, telles qu'une augmentation de la rétention hydro sodée avec apparition ou aggravation d'insuffisance cardiaque gauche.

### 3) Auricule gauche et fibrillation atriale

La fibrillation atriale entraîne une perte de la contraction de l'oreillette gauche, et donc de l'auricule. L'aspect microscopique de l'AG est modifié chez le patient en fibrillation atriale chronique avec un aspect d'épaississement fibreux endocardique et une surface moins lisse de l'intérieur de sa paroi. On observe une dilatation de l'AG<sup>60</sup>, et un remodelage entraînant une accentuation du caractère elliptique de son ostium<sup>61</sup> (**Figure 9**).

Chez les patients en fibrillation atriale, la formation des thrombi dans l'auricule gauche est favorisée par la dilatation et la diminution voire la perte de contraction provoquant une baisse de la vidange auriculaire (vitesse de vidange devenant inférieure à 0,2m/sec). Ceci génère une stase sanguine, participant à la triade de Virchow<sup>62</sup>, qui favorise la formation de thrombus, avec risque d'AVC ischémique, bien que d'autres mécanismes tels que l'hypertension artérielle et l'athérome aortique puissent être impliqués<sup>63</sup>.

Une morphologie auriculaire gauche de type « chicken-wing » serait associée à un risque plus faible d'AVC ischémique. Les patients avec une morphologie type « cactus » et « wind sock » feraient 4 fois plus d'AVC que les « chicken-wings », et ceux avec un type « cauliflower » 8 fois plus<sup>50</sup>.



**Figure 9.** Moulages post-mortem d'auricules. A gauche : celui d'un homme de 52 ans en rythme sinusal ; à droite : celui d'une femme de 76 ans, en fibrillation auriculaire. D'après Stollberger et al. (2003).

L'existence de la grande variabilité interindividuelle des formes et tailles d'auricules gauches, rend impérative une étude morphologique précise avant une procédure de fermeture percutanée afin d'anticiper d'éventuelles difficultés, et de choisir le dispositif le plus adapté.

### **III. MESURES DE L'AURICULE GAUCHE**

#### **1) Considérations géométriques :**

L'ostium de l'auricule gauche a classiquement une forme elliptique. La formule de l'aire d'une ellipse est fonction de la longueur de son grand axe et de son petit axe. L'indice d'excentricité  $e$ , calculé par la formule  $e = 1 - (D_{\min}/D_{\max})$ , est compris entre 0 et 1, et renseigne sur le degré d'aplatissement de l'ellipse. Si l'indice d'excentricité est égal à 0, il s'agit d'un cercle ; si il est supérieur à 0,1, c'est une ellipse ; et plus cet indice est proche de 1, plus l'ellipse est aplatie. La valeur du périmètre, plus difficile à déterminer, peut être estimée par l'approximation de Ramanujan (en fonction des valeurs des diamètres minimal et maximal).

Lors de la procédure de FPAG, on implante une prothèse circulaire dans cet orifice plus ou moins elliptique qui se déformera lors de l'implantation. Le choix du diamètre de la prothèse à planter est donc difficile. Plusieurs mesures peuvent être prises en comptes :

- la mesure directe du grand axe et du petit axe de l'orifice.
- la mesure de l'aire  $A$ , de laquelle on déduit le diamètre moyen  $D_{\text{moy}}$  pour un cercle d'aire équivalente par la formule :  $D_{\text{moy}} = \sqrt{4A/\pi}$
- la mesure du périmètre, de laquelle on déduit le diamètre moyen pour un cercle de périmètre équivalent.

## **2) Importance d'une estimation correcte de la taille de l'auricule gauche**

La taille de la prothèse doit être supérieure à la taille de l'orifice auriculaire gauche, afin d'assurer son maintien (pour les prothèses Watchman™, supériorité de 8 à 20 % par rapport à l'orifice de l'AG recommandée). Quarante et un pour cent des cas d'effusions péricardiques dans les procédures d'implantation de prothèse type Watchman sont dus à la manipulation des guides, cathéters, ou gaines, parfois favorisés par la nécessité d'un changement de taille de prothèse. Un choix précis du matériel (taille de prothèse, type de gaine) est primordial afin de minimiser les manipulations de matériel, et ainsi réduire la durée de la procédure et ses complications.

Un choix imprécis de la taille de prothèse peut entraîner, en cas de prothèse trop petite, une sous compression pouvant se compliquer d'une migration de prothèse, ou de fuites signifiant l'absence d'occlusion complète de l'auricule pouvant exposer à la persistance d'un risque thromboembolique. Dans une étude de Pillarisetti et al. en 2015, le taux de fuite résiduelle était de 13 à 25% à 3 mois selon le type de prothèse, le taux d'événement thromboembolique restant cependant bas. Dans une étude menée chez 33 patients après fermeture auriculaire par ACP™, Neuzner et al. ont observé, au cours du suivi, une baisse du pourcentage de compression chez 61% des patients, d'où l'importance d'un surdimensionnement de la prothèse<sup>64</sup>.

L' embolisation de prothèse est une complication rare (autour de 1%) mais sérieuse. Une revue de la littérature<sup>65</sup> regroupant les cas de migration de prothèse (31 cas) montre que celles-ci sont péri procédurales dans 70% des cas, et tardives dans 30% des cas. Elles sont le plus souvent asymptomatiques et découvertes lors des ETT ou ETO de suivi, mais peuvent être graves : 3 évènements majeurs dont un décès par choc cardiogénique, une lésion de la valve aortique avec nécessité de remplacement valvulaire et une hémorragie sévère. Les prothèses sont retrouvées dans l'aorte, le ventricule gauche (VG) ou dans l'OG (toutes les prothèses de plus de 25mm étant retrouvées dans le VG ou l'OG), avec récupération chirurgicale requise dans un tiers des cas. Les mécanismes éventuellement en causes ont pu être déterminés pour seulement 4 patients : 2 sous-dimensionnements de prothèse, un surdimensionnement excessif, et une réduction en rythme sinusal.

Le caractère paroxystique ou non de la FA est également à prendre en compte : en cas de FA paroxystique, possible augmentation du diamètre de l'ostium de l'AG lors d'un passage en FA entraînant un risque de migration de la prothèse. Le diamètre de la prothèse doit donc d'autant plus être supérieur au diamètre de l'ostium chez les patients en FA paroxystique.

D'autre part, si la prothèse est trop grande, sa compression trop importante expose à un risque de rupture de l'auricule avec épanchement péricardique, ou de conflit avec les structures adjacentes. Ces conflits sont d'ailleurs plus fréquents avec les prothèses type ACPTM, du fait d'un disque proximal situé en dehors de l'ostium de l'AG et pouvant s'étendre jusqu'au bord de la VPSG ou de la valve mitrale<sup>66</sup>.

### **3) Principaux outils de mesure de l'auricule gauche:**

#### **a) Echographie transoesophagienne (Figure 10)**

L'auricule gauche est rarement vue en ETT. L'ETO 2 dimensions (2D) est performante pour la visualiser correctement car cette structure est postérieure, située à proximité de l'œsophage. Les mesures de la zone d'ancrage de la prothèse Watchman™ se font au niveau du tiers moyen de l'œsophage, approximativement dans les incidences suivantes :

A 0° (coupe 4 cavités), 45° (au niveau de la valve aortique), 90° (coupe 2 cavités), et 135° (long-axe) : mesure du niveau de la circonflexe ou du haut de l'anneau valvulaire mitral selon les incidences, à 1 à 2 cm sous le sommet de l'éperon (saillie séparant l'AG de la veine pulmonaire supérieure gauche (VPSG)).

Pour les Amplatzer™ cardiac plug, mesure du diamètre situé 1cm sous le plan de l'ostium, qui correspondra à la zone d'ancrage de la prothèse.

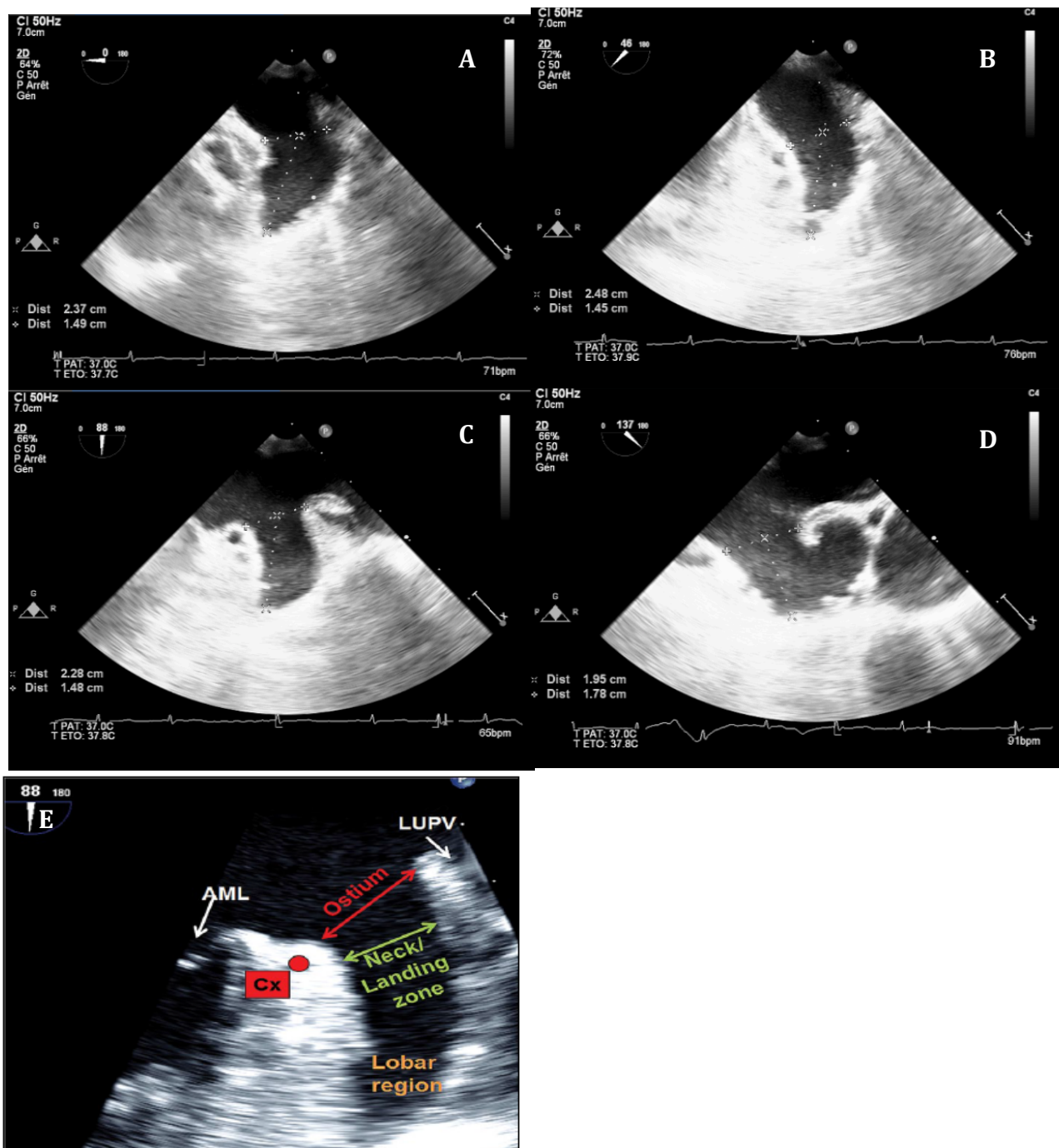
La mesure de la profondeur est faite dans l'incidence paraissant la plus fiable, et est mesurée selon un axe perpendiculaire à l'axe prévu d'implantation de la prothèse. Détermination par ailleurs du nombre de lobes, du type de morphologie de l'AG et vérification de l'absence de thrombus.

Une des limites de l'échographie peut être le manque de résolution spatiale. Les images échographiques sont anisotropes, c'est-à-dire que la résolution radiale n'est pas identique à la résolution latérale. La résolution axiale correspond à la distance minimale entre deux structures A et B situées sur l'axe du faisceau ultrasonore ; elle dépend de la fréquence et est meilleure lorsque les fréquences sont élevées. La résolution latérale correspond à la distance séparant 2 points situés à la même profondeur c'est à dire, sur un axe perpendiculaire au faisceau ultrasonore. Elle est moins bonne que la résolution latérale. Par exemple pour une fréquence de 7,5MHz, la résolution axiale est de 0,45mm, la résolution latérale est de 1,30mm. L'interaction du faisceau ultrasonore avec la matière entraîne un phénomène complexe de diffusion de cohérence ou d'incohérence des ondes de pression, à l'origine d'un aspect granuleux des images échographiques. Ces grains élémentaires sont appelés speckle ultrasonores. Ainsi, l'image d'un point parfait va être « dispersée » et donc représentée par une image échographique ressemblant à un « grain de riz », dans lequel seulement le centre correspond à la matière. Ce phénomène nuit à la délimitation précise des organes.

Dans le cas de la mesure de l'ostium de l'auricule gauche, en l'occurrence entre deux parois opposées, cette distance mesurée est perpendiculaire à l'axe des ultrasons et sera ainsi impactée par la faible résolution latérale. Il existe donc un risque de sous-estimation. Il est préférable de placer le curseur au centre du speckle ultrasonore et non sur son bord interne, afin de ne pas sous-estimer les distances mesurées (**Figure 11**).

### **c) Echographie transoesophagienne trois dimensions (3D)**

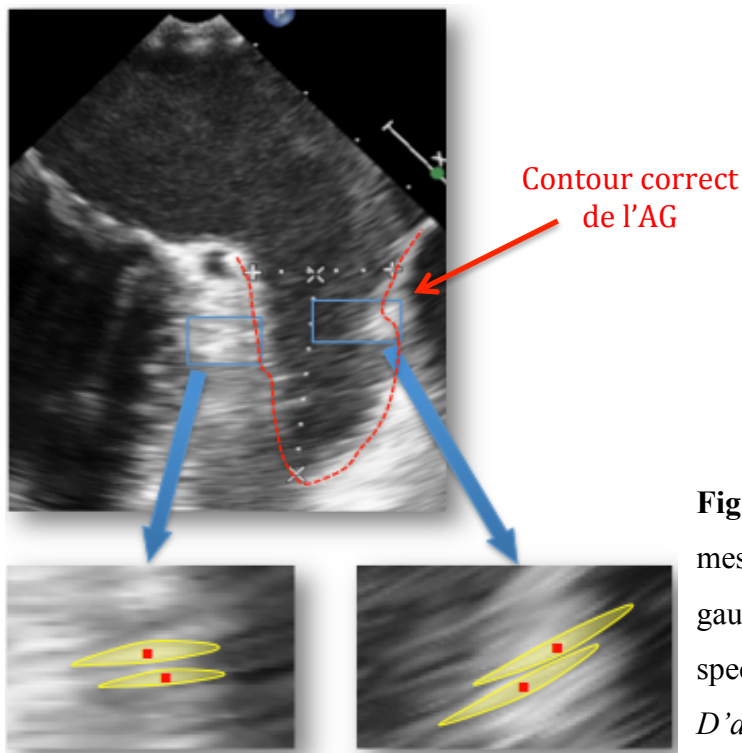
L'ETO 3D, si elle est disponible, doit être préférée à l'ETO 2D<sup>60</sup> pour les mesures de l'orifice car elle est plus précise et fiable pour déterminer sa taille<sup>60,67</sup>. La vue « en face » de l'ostium de l'AG permettant les mesures, est obtenue par reconstruction à partir de vues perpendiculaires entre elles (à 45° et 135° par exemple) (**Figure 12**).



**Figure 10.** Images ETO de l'auricule gauche en incidences 0° (A), et 45° (B), 90° (C), 135° (D).

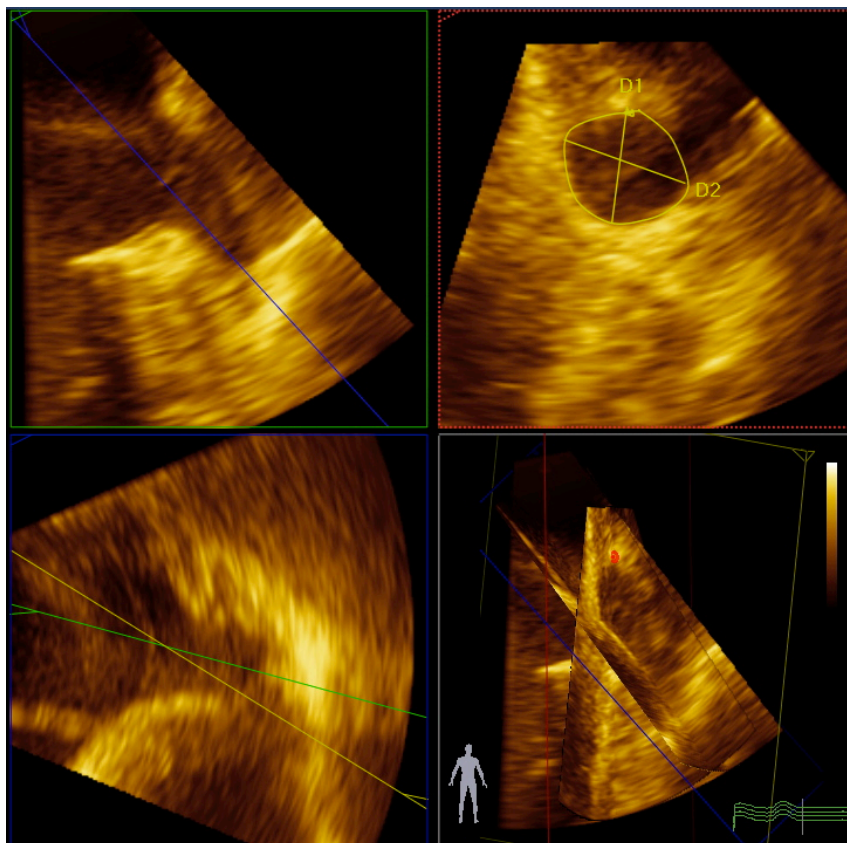
E : Rapports anatomiques, et zone de mesure avant implantation de prothèse Watchman™ (double flèche verte). D'après Wunderlich et al.

LUPV : veine pulmonaire supérieure gauche ; AML : anneau mitral ; Cx : artère circonflexe



**Figure 11.** Image ETO d'une mesure de l'ostium de l'auricule gauche et schématisation du speckle ultrasonore.

*D'après Pr Finet.*



**Figure 12.** Images ETO 3D de l'AG :

A gauche : plans perpendiculaires entre eux.

En haut à droite : reconstruction d'une vue face à l'ostium.

## b) Angiographie

Les mesures angiographiques correspondent également à des mesures bidimensionnelles. Elles sont effectuées après angiographie sélective de l'AG par injection de produit de contraste iodé, habituellement en incidence oblique antérieure droite (OAD) 25°, avec angulation caudale de 20°, ou OAD 25°, crânial 20°. La référence de calibration des mesures est généralement le cathéter d'injection ou une bille de calibration. La difficulté de ces mesures réside dans le choix des meilleurs angles de projection, et dans le risque d'erreur pouvant être lié à la calibration.

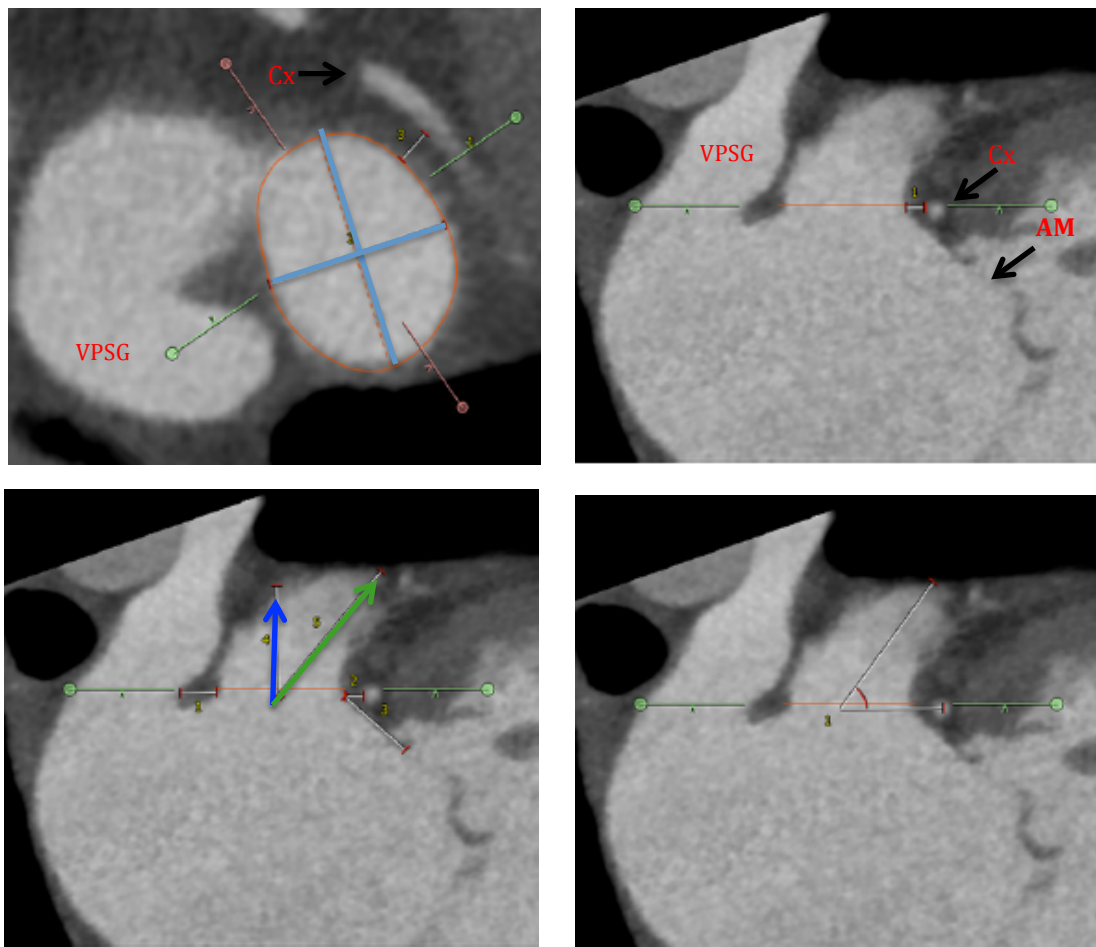
## d) Angioscanner

L'angioscanner est actuellement moins utilisé pour planifier cette procédure. Pour l'étude de l'auricule gauche, cet examen est synchronisé à l'ECG, et l'acquisition est faite à un temps tardif après l'injection de produit de contraste iodé permettant l'opacification complète de celui-ci. Les mesures scanner se font au moyen de reconstructions en 3 dimensions.

Plusieurs mesures sont importantes<sup>68,69</sup> afin de déterminer la faisabilité de la technique, anticiper les complications, et choisir la taille de prothèse adaptée (**Figure 13**) :

- **Distance foramen ovale-ostium** de l'auricule gauche, pouvant aider à la ponction transseptale
- **Distance entre l'orifice de l'auricule gauche et le premier coude** (changement de direction de l'AG) et **profondeur totale** : pour s'assurer d'une profondeur suffisante à la mise en place de la prothèse sans risque de perforation de l'auricule.
- **Angle de l'auricule gauche par rapport au plan ostial** : la connaissance de l'orientation de l'AG dans les plans antéropostérieur et crânio-caudal permettant de faciliter le choix des gaines de distribution (simple ou double courbe)<sup>68,70</sup>, et la localisation de la ponction transseptale<sup>70</sup>, le but étant d'être coaxial.
- **Diamètres maximal et minimal** de l'orifice de l'AG, et **diamètre moyen**, calculé à partir du périmètre ou de l'aire mesurés, plus précis et plus reproductible que celui calculé à partir des mesures directes des diamètres maximal et minimal<sup>68</sup>.

- **Rapport avec les structures adjacentes** (VPSG, Circonflexe, anneau valvulaire mitral) : dans le but d'anticiper d'éventuels conflits avec ces structures.
- **Détermination des angles de projection optimaux** pour guider la scopie dans la ponction transseptale et pour les mesures angiographiques de l'ostium, comme cela peut être fait avant un TAVI<sup>71</sup>.



**Figure 13 : Mesures angioscannographiques.**

**En haut à gauche :** vue oblique transverse, mesures diamètres maximal et minimal (traits bleus), aire et périmètre (contour rouge) de l'orifice auriculaire gauche.

**En bas à gauche :** vue coronale, mesure distance ostium-1<sup>er</sup> coude de l'AG (flèche bleue), et profondeur totale (flèche verte), et distances ostium-circonflexe, ostium-veine pulmonaire supérieure gauche et ostium-anneau mitral (traits fins blancs).

**En bas à droite :** Angle plan ostial - axe de l'auricule gauche (traits blancs).

*Cx : circonflexe, VPSG : veine pulmonaire supérieure gauche, AM : anneau mitral*

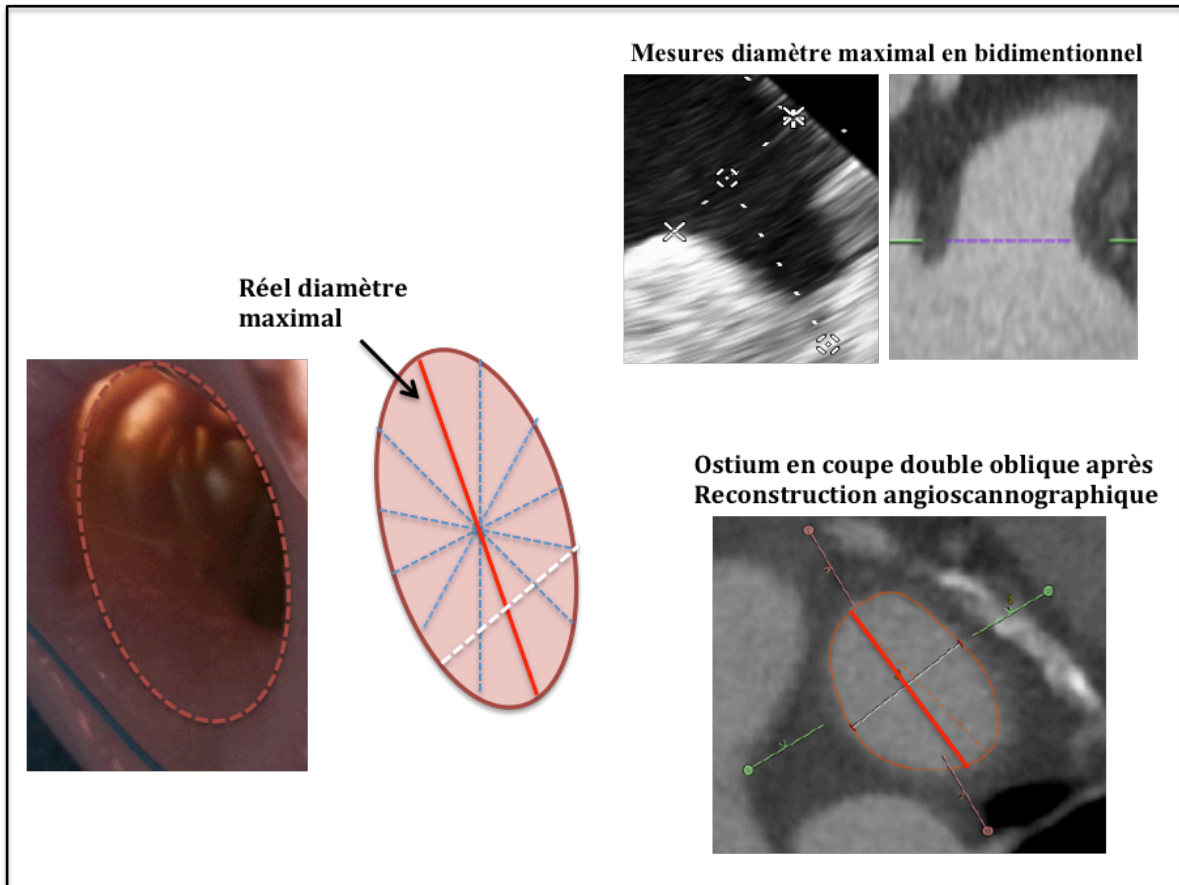
#### e) Conditions de mesures

Afin de ne pas sous estimer le diamètre de l'ostium, les mesures doivent se faire quand l'orifice de l'auricule gauche est théoriquement le plus large, soit en fin de diastole, juste avant la contraction de l'oreillette (soit au début de l'onde P sur l'électrocardiogramme) chez les patients en rythme sinusal. Chez les patients en FA, la mesure est effectuée indifféremment<sup>68</sup>.

Dans une étude de Matsuo et al.<sup>72</sup> portant sur 179 procédures, on retrouve 3 cas d'embolisations dont 2 survenus chez des patients ayant une pression auriculaire gauche basse lors des mesures. Ceci suggère l'importance d'obtenir une pression de l'OG supérieure à 10mmHg afin de ne pas sous-estimer les mesures per-procédures, cette pression étant souvent abaissée sous l'effet de diminution de post charge par l'anesthésie générale.

#### 4) Comparaison des outils de mesure (Tableau 4) :

Des études comparant les méthodes de mesures selon ETO, scanner et angiographie ont montré que celles-ci étaient parfois discordantes<sup>70,73</sup>. Dans la plupart des équipes, le choix de la taille de la prothèse est fonction de la mesure préalable de l'orifice de l'auricule gauche, faite par ETO 2D et angiographie. Comme il a été démontré pour les mesures d'anneau aortique pré Trans Aortique Valve Implantation (TAVI), les mesures bidimensionnelles ne sont pas toujours adéquates pour caractériser la géométrie d'une structure non circulaire tel que l'anneau aortique qui est de forme elliptique ; les mesures scannographiques après reconstruction multiplanaire permettent une estimation plus précise de la taille de l'anneau aortique<sup>76-78</sup>. Ceci s'explique par le fait qu'en bidimensionnel, il est possible de sous estimer la taille d'un orifice si l'on n'est pas orienté sur le plus grand axe de celui-ci (**Figure 14**). Plusieurs études ont montré que l'ETO 2D sous estimait les mesures de l'orifice de l'AG, par rapport au scanner avec reconstruction 3D ou à l'ETO 3D<sup>60,73,79</sup>. Par ailleurs, le scanner apparaît comme aussi performant dans la détection de thrombus et contraste spontané de haut grade dans l'auricule gauche<sup>80-82</sup> (**Tableau 5**).



**Figure 14 :** Représentation méthodes de mesure.

A gauche : photographie de l'ostium d'une auricule post-mortem. Au centre : schéma représentant un ostium, avec son plus grand diamètre (trait rouge), et les différents axes pouvant être mesurés par erreur si l'on n'est pas orienté sur le plus grand axe en bidimensionnel (pointillés bleus ou blanc)

	<b>Atouts</b>	<b>Limites</b>
<b>ETO</b>	Vérification absence de thrombus <sup>83</sup> Réalisation per procédure : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Guidage de la ponction trans-septale</li> <li>- Surveillance de l'absence de complications (épanchement péricardique)</li> <li>- Contrôle succès d'implantation</li> </ul> Non irradiant Mesures synchronisées à l'ECG	Mesures difficiles : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bidimensionnel</li> <li>- Résolution spatiale</li> <li>- Variabilité interobservateur<sup>52,84</sup></li> <li>- Conditions non physiologiques</li> </ul>
<b>ETO 3D</b>	Tridimensionnel Pas d'irradiation ni d'injection de produit de contraste	Disponibilité Expérience opérateur
<b>Angiographie</b>	Guide la procédure Contrôle succès d'implantation	Bidimensionnel Injection d'iode, irradiation Conditions non physiologiques Choix projection difficile pour les mesures Choix calibration
<b>Scanner</b>	Tridimensionnel Conditions physiologiques Synchronisation à l'ECG Rapports avec structures adjacentes Choix angles pour projection optimale en angiographie <sup>69</sup> Reproductibilité <sup>60,68</sup> Détection de la présence de thrombus <sup>82</sup>	Injection de produit de contraste iodé Irradiation Diminution de la qualité des images si FA rapide.

**Tableau 4 :** Atouts et limites des différentes techniques

	<b>Sensibilité (%)</b>	<b>Spécificité (%)</b>	<b>Valeur prédictive négative (%)</b>	<b>Valeur prédictive positive (%)</b>
<b>ETO</b>	97	100	93	100
<b>Scanner injecté avec acquisition tardive</b>	100	99	92	100

**Tableau 5.** Valeur diagnostique dans la détection de thrombi par l'ETO et l'angioscanner<sup>82</sup>.

## **5) Evaluation du scanner:**

Le choix de taille appropriée de prothèse, et l'anticipation des complications par une étude détaillée de l'AG contribuent fortement au succès de la procédure. Les différentes méthodes d'étude de l'auricule gauche sont parfois discordantes et celles actuellement utilisées dans les procédures (ETO et angiographie), bien que nécessaires, comportent des limites.

A l'Hôpital Louis Pradel de Bron (Hospices civils de Lyon (HCL)), les procédures de fermetures percutanées d'auricule gauche, par prothèse Watchman<sup>®</sup> ont été débutées en décembre 2013. Le scanner étant un outil bien connu dans ce centre, très utilisé pour guider des procédures interventionnelles comme le TAVI, il paraissait intéressant d'étudier dans quelles mesures il pouvait être utile pour optimiser la procédure de fermeture percutanée d'auricule gauche par prothèse Watchman<sup>™</sup>.

# ARTICLE

## INTRODUCTION

Chez les patients en fibrillation atriale (FA) non valvulaire, plus de 90% des thrombi se forment dans l'auricule gauche<sup>1</sup>. De nombreuses études ont montré que la fermeture percutanée de l'auricule gauche était une alternative au moins aussi efficace que la warfarine dans la prévention thromboembolique chez les patients en FA non valvulaire<sup>2-6</sup>, y compris chez les patients contre indiqués aux anticoagulants<sup>7</sup>. Le taux de complication est de 3,7%<sup>8,9</sup>. L'auricule gauche ayant une forme complexe avec une grande variabilité selon les individus<sup>10-13</sup>, une connaissance détaillée de sa morphologie et de ses dimensions est primordiale afin de choisir la taille de prothèse la plus adaptée et limiter le risque de complications, telles que l'embolisation de prothèse favorisée par une prothèse trop petite, ou les épanchements péricardiques, favorisés par la manipulation du matériel<sup>9</sup> inhérente à un changement de prothèse per procédure, pouvant être fréquent (17 à 26% dans certaines études<sup>6,14</sup>). L'angiographie et l'échographie transoesophagienne (ETO) per procédure sont les outils les plus souvent utilisés pour aider au choix de la taille de prothèse. Parfois, les mesures sont discordantes ; et les outils de mesures bidimensionnelles ne sont pas toujours adaptés pour des structures non circulaires, telles que l'ostium de l'auricule gauche, qui est de forme elliptique<sup>15,16</sup>. Plusieurs études ont montré que l'ETO bidimensionnelle (2D) sous estimait le diamètre de l'orifice auriculaire gauche par rapport au scanner en reconstruction tridimensionnelle (3D) ou à l'ETO 3D<sup>17-19</sup>, et l'expérience initiale dans la fermeture percutanée d'auricule gauche (FPAG) a montré que les tailles adéquates de prothèses tendaient à être 20 à 40% supérieures à la taille mesurée par l'ETO<sup>14</sup>. D'autres ont suggéré que le scanner était une méthode de mesure reproductible<sup>16,17,20,21</sup>, permettant de décrire précisément l'AG, et qui pourrait potentiellement aider dans le choix de la taille de la prothèse<sup>22,23</sup>. Dans les FPAG par Amplatzer™ cardiac plug, des études ont montré que le scanner prédisait le plus souvent la taille de prothèse appropriée et aidait à anticiper les difficultés de la technique d'implantation<sup>18,24</sup>. Aucune étude n'a encore évalué l'utilisation du scanner chez les patients bénéficiant d'une fermeture percutanée de l'AG par prothèse Watchman™. Le but de notre étude était de présenter l'expérience initiale de notre centre dans la fermeture percutanée d'AG par prothèse Watchman™ et d'étudier la place du scanner dans cette procédure.

## **MATERIELS ET METHODES**

### **Population**

Entre le 4 décembre 2013 et le 21 mai 2015, dans le service de cardiologie interventionnelle de l'Hôpital Louis Pradel (Hospices Civils de Lyon (HCL), Bron, France), 27 patients ont bénéficié d'une fermeture percutanée de l'auricule gauche (AG) par prothèse Watchman™ (Boston Scientific, Marlborough, MA, USA). Ces patients, aux antécédents de FA non valvulaire, présentaient tous un risque thromboembolique significatif et étaient contre-indiqués aux anticoagulants. Les procédures ont suivi les recommandations d'experts<sup>25,26</sup>, et respecté un taux de compression de prothèse en ETO de 8 à 20%. Toutes les procédures étaient réalisées sous anesthésie générale, par deux cardiologues interventionnels, sous scopie, et guidage ETO 2D et 3D effectué par deux échographistes.

Vingt-quatre patients (89%) ont eu un angioscanner avant la procédure. Trois patients n'ont pas eu d'angioscanner en raison d'une insuffisance rénale chronique sévère. Dix-huit d'entre eux ont eu un scanner injecté après la procédure.

La taille de prothèse implantée était choisie en fonction de ces 3 examens, en se basant sur la mesure du diamètre maximal pour les mesures ETO et angiographiques et/ou sur le diamètre moyen pour les mesures scanner. Nous choisissons une taille de prothèse 8 à 20% supérieure au diamètre mesuré afin d'obtenir un degré de compression de la prothèse entre 8 et 20% selon les recommandations établies pour une prothèse Watchman™. Si tous les examens ou au moins deux d'entre eux concordaient, la prothèse était aisément choisie. En cas de discordance, ce choix était fait en fonction de l'une des mesures, et de l'expérience des opérateurs.

Du fait de la contre indication définitive aux anticoagulants liée à un haut risque hémorragique, une bithérapie anti-agrégante était prescrite pendant un mois seulement<sup>7</sup>. Le suivi ultérieur comprenait un suivi clinique, et une ETO à 45 jours et à 6 mois.

### **Echographie transoesophagienne**

Au cours de la procédure, une ETO en 2D et 3D était effectuée par deux opérateurs à l'aide d'un échographe IE 33 Phillips (Phillips Healthcare, Cleveland, OH). Les mesures de l'orifice étaient faites en regard de la circonflexe ou du haut de l'anneau valvulaire mitral, jusqu'à 1-2 centimètres du haut de l'éperon de la veine pulmonaire supérieure gauche (VPSG), dans les incidences de 0°, 45°, 90° et 135° approximativement. Ces mesures correspondaient à la

mesure de la future zone d'ancrage de la prothèse Watchman™. La plus grande de celles-ci était retenue comme diamètre maximal de l'orifice auriculaire gauche. La mesure de la profondeur était effectuée dans les mêmes incidences. Ces mesures étaient réalisées dans des conditions de pression auriculaire gauche supérieure à 10mmHg<sup>27</sup>, au moyen d'un remplissage vasculaire si besoin.

### **Acquisition scannographique**

Un scanner cardiaque injecté était effectué quelques jours avant la procédure. Après la procédure, la position et la compression de la prothèse étaient contrôlées par un deuxième scanner sans injection de produit de contraste. Les acquisitions ont été effectuées dans le service de radiologie de l'Hôpital Louis Pradel (HCL, Bron, France), sur un scanner Phillips 64 barrettes (Brilliance CT, Phillips Healthcare, Cleveland, OH), avec synchronisation à l'électrocardiogramme (ECG), et mode d'acquisition rétrospectif.

Si nécessaire, un traitement par esmolol intraveineux était injecté afin d'obtenir une fréquence cardiaque inférieure à 70 battements par minute. Une injection bi-phasique, de 80 cc de produit de contraste iodé (Ioméron 400mg/mL) à la vitesse de 5mL/sec puis de 40cc de sérum physiologique à la même vitesse, était faite par une voie veineuse périphérique brachiale droite de bon calibre (16 Gauges).

L'acquisition pré-thérapeutique des images était réalisée à deux temps après l'injection du produit de contraste iodé :

- à un temps artériel avec une zone de pré contrôle (roi) positionnée dans l'aorte thoracique descendante et un seuil de déclenchement automatique à 250 unités Hounsfield
- à un temps tardif : 5 minutes après l'injection, permettant un remplissage optimal endocavitaire, notamment de l'auricule gauche.

Les paramètres d'acquisition étaient : voltage du tube de 120kV, collimation de 64 x 0,635mm, pitch à 0,2, temps de rotation du tube de 0,4s, FOV à 220mm, intensité du courant à 500mA, épaisseur de coupe de 0,9mm, avec incrément de 0,45mm. L'irradiation en Produit Dose Longueur (PDL) était comprise entre 403 et 1522 mGy\*cm (744 mGy\*cm en moyenne).

Pour le scanner post-procédure, l'irradiation était comprise entre 317 et 856mGy\*cm (527mGy\*cm en moyenne)

Les acquisitions aux phases 0%, 40% et 75% du cycle cardiaque ont été reconstruites.

## Mesures scannographiques

### Scanner pré-procédure

Les images ont été analysées à l'aide du logiciel OsiriX™ DICOM Viewer (Osirix Foundation, Geneva, Switzerland) et du logiciel 3mensio™ (3mensio Medical Imaging, Bilthoven, The Netherlands) pour les scanners pré-procédure. Toutes les mesures sur le logiciel Osirix ont été faites par un même opérateur, puis par un deuxième opérateur sur le logiciel 3mensio, avec relecture en aveugle par ce dernier, afin d'évaluer la reproductibilité intra, et inter observateurs. Seule la phase correspondant à 75% de l'intervalle RR (soit en télé-diastole) a été conservée pour les mesures, sachant l'absence de variation significative de la taille de l'AG au cours des autres phases de la diastole<sup>21</sup>. Pour les mesures, on procède à une reconstruction multiplanaire, définie par les plans obliques sagittal et coronal, permettant d'obtenir une vue oblique transverse de l'ostium (**Figures 1 et 2**).

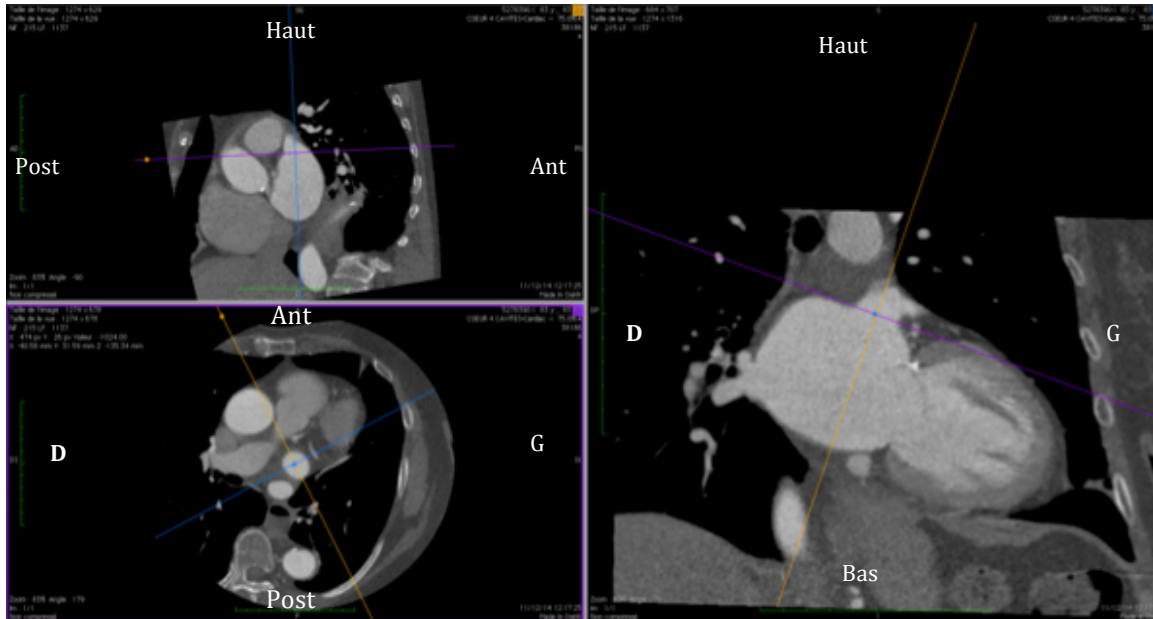
Les **diamètres maximal et minimal**, l'**aire**, et le **périmètre** de l'orifice étaient mesurés en vue oblique transverse. Ces mesures étaient faites au niveau de la future zone d'ancrage de la prothèse soit dans un plan parallèle au plan ostial, passant par l'artère circonflexe (**Figure 3a**). Les **profondeurs** de l'AG (distance du centre de l'ostium au premier coude et distance du centre de l'ostium au fond de l'auricule), et l'**angulation** de l'AG par rapport au plan ostial étaient mesurés en coupe coronale (**Figures 3b, 3c**).

Les **distances de l'ostium de l'AG à la circonflexe**, à la **veine pulmonaire supérieure gauche (VPSG)**, et à l'**anneau mitral** étaient mesurées en coupe coronale (**Figures 3d à 3f**).

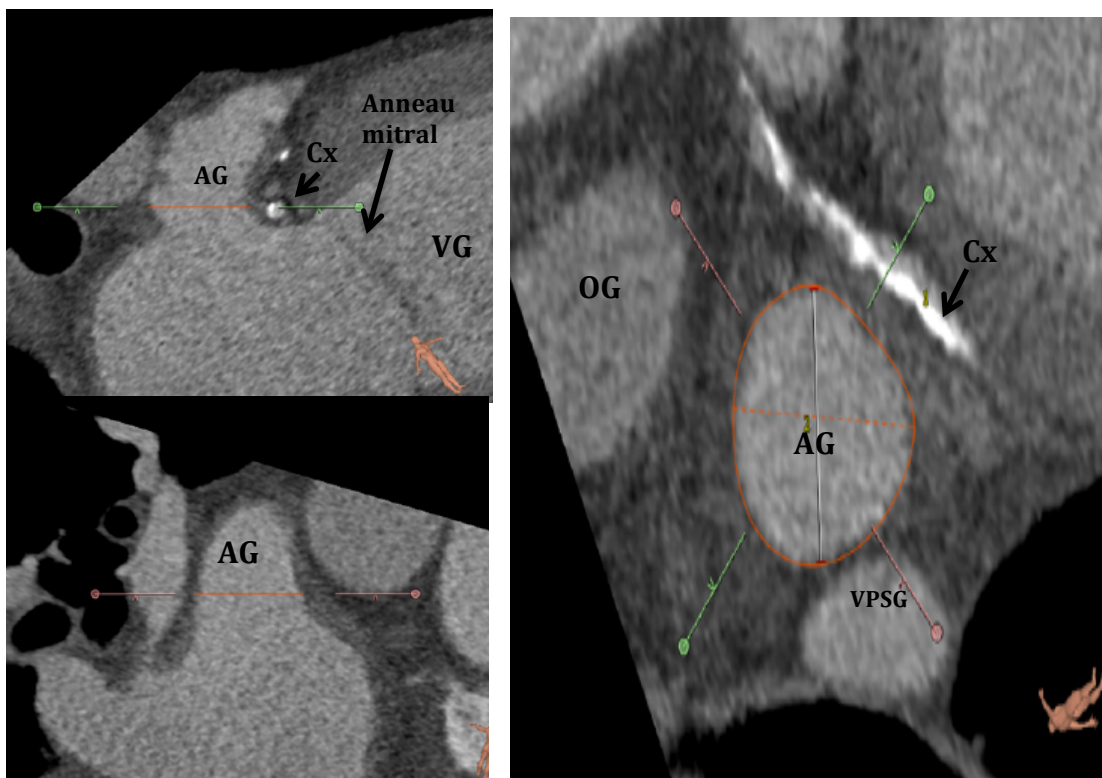
### Scanner post-procédure :

Pour les scanners post-procédure, les images étaient analysées à l'aide du logiciel 3mensio™. La mesure de la **taille de la prothèse** était faite de façon similaire, en vue oblique transverse. La mesure était faite à environ 7 mm du sommet de la prothèse, afin de s'assurer de mesurer la partie du dispositif ancrée dans l'auricule, et non la partie faisant protrusion dans l'oreillette gauche (OG) (**Figure 4**). Cette mesure permettait de calculer le taux de compression de la prothèse.

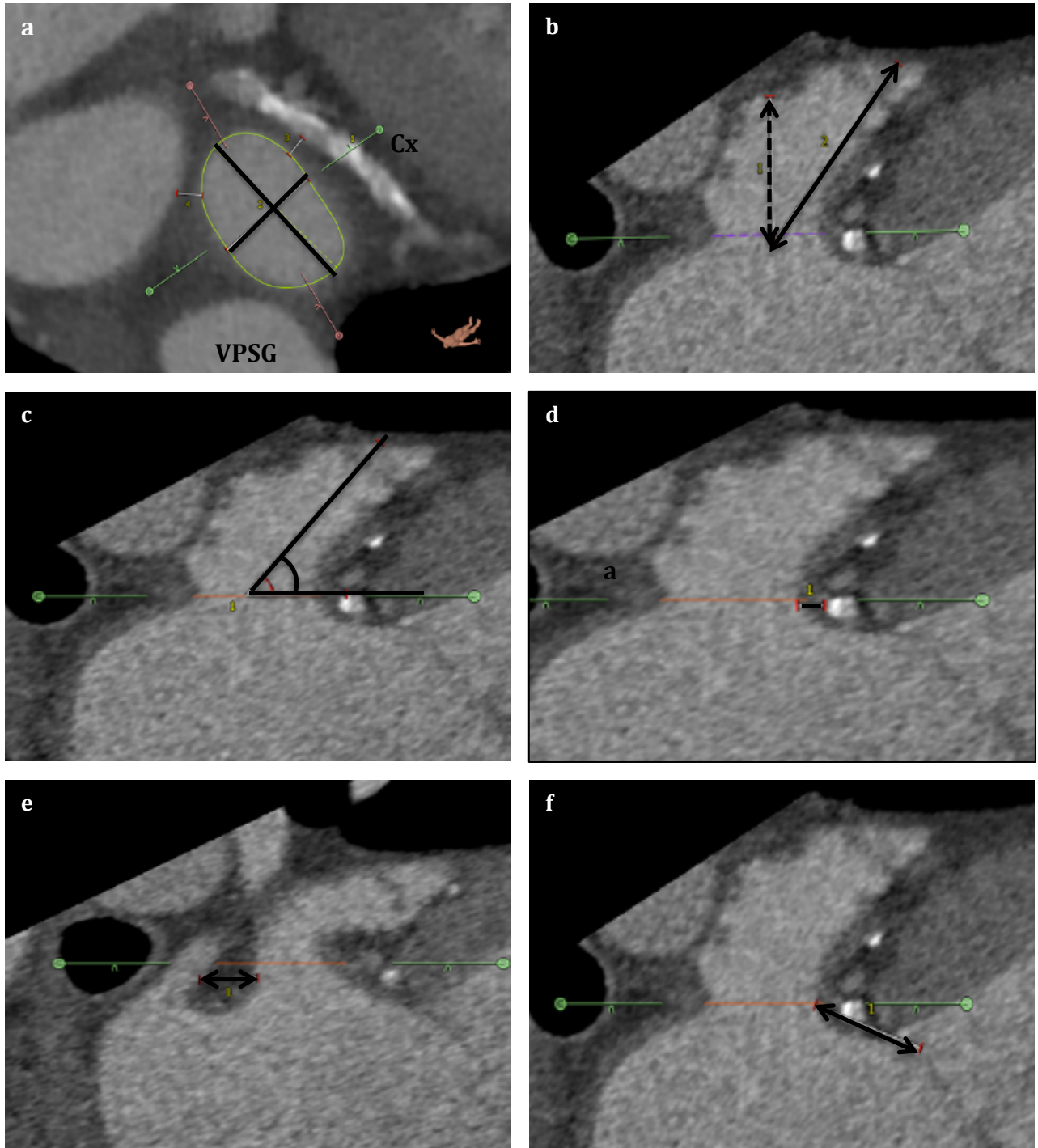
Nous avons également mesuré la prothèse dans différents plans : en regard de l'artère circonflexe (donc de la zone d'ancrage de prothèse mesurée en pré-procédure), au niveau de la limite de la membrane recouvrant la prothèse, et au niveau de sa partie la plus large (**Figure 5**).



**Figure 1 : Images angioscannographiques avec reconstruction multiplanaire de l'ostium auriculaire gauche (Logiciel Osirix™):** En haut à gauche : vue sagittale oblique, en bas à gauche : vue oblique transverse, à droite : vue coronale oblique. (*D : droite, G : gauche*)



**Figure 2 : Images angioscannographiques avec reconstruction multiplanaire de l'ostium auriculaire gauche (Logiciel 3mensio™):** A gauche : vue coronale en haut (long axe 2 cavités), vue sagittale en bas, à droite : vue oblique transverse. AG : auriculaire gauche VPSG : veine pulmonaire supérieure gauche, VG : ventricule gauche, Cx : artère circonflexe



**Figures à 3a à 3f : mesures angioscannographiques.**

a : Dmin, Dmax (traits noirs), Aire et périmètre (jaune)

b : Profondeur : distance de l'ostium au 1<sup>er</sup> coude de l'AG (pointillés) et profondeur totale (trait plein)

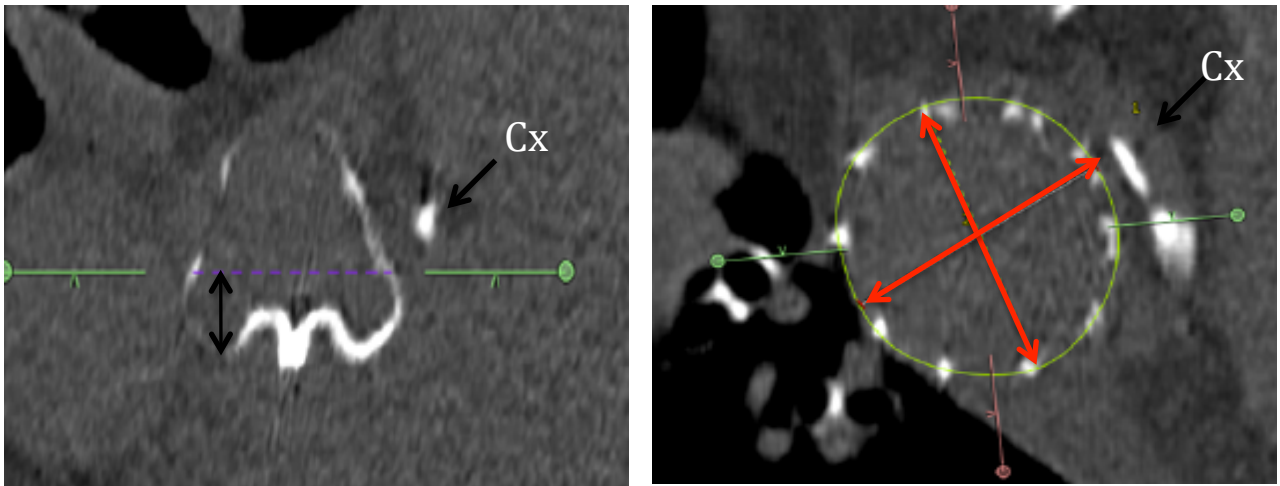
c : Angulation plan ostial-axe AG

d : Distance ostium-artère circonflexe (trait noir)

e : Distance ostium-veine pulmonaire supérieure gauche (double flèche)

f : Distance ostium-anneau mitral (double flèche)

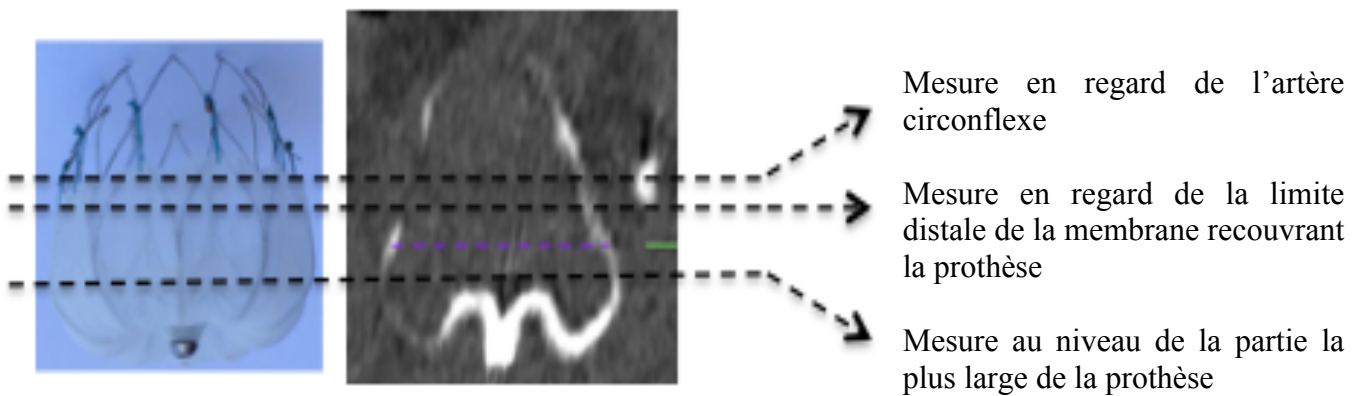
VPSG : veine pulmonaire supérieure gauche, Cx : artère circonflexe



**Figures 4 :** A gauche : Repérage du plan (trait pointillé) de la mesure de la taille de prothèse en coupe coronale (distance de 7mm par rapport au bord proximal de la prothèse).

A droite : Mesures de l'aire, du périmètre (cercle jaune) et des diamètres maximal et minimal de la prothèse en vue oblique transverse (double flèche).

L'artère circonflexe est ici bien visible du fait de calcifications.



**Figure 5.** Différents plans de mesures de diamètre de prothèse sur le scanner post-procédure.

## Critères de jugement

### Résultats des procédures :

La difficulté, la sécurité et l'efficacité de la procédure ont été évaluées. Le temps de largage de la prothèse correspondait à la durée entre la ponction veineuse et le largage de la prothèse. Le succès d'implantation était défini par une position correcte de la prothèse, avec une faible protrusion (inférieure à 9 mm), l'absence de fuite para prothétique significative (supérieure à 3mm en doppler couleur), une prothèse stable et l'absence de complications per-procédure (soit absence d'effusion péricardique avec tamponnade, d'embolisation de prothèse, d'AVC ischémique per procédure, ou d'embolie gazeuse).

Un hématome au point de ponction de plus de 5 x 5 cm ou nécessitant une transfusion était retenu comme une complication périprocédurale. Une insuffisance rénale aiguë était définie par une élévation de la créatinine post procédure de plus de 25%.

### Comparaison des mesures échographiques et scannographiques de l'ostium de l'AG

La valeur du diamètre maximal (Dmax) de l'orifice auriculaire gauche au scanner analysé par 3mensio a été comparée à celle mesurée en ETO. L'indice d'excentricité de l'orifice était calculé selon la formule  $1-(D_{\text{minimal}}/D_{\text{maximal}})$ .

Pour les mesures angioscannographiques, les reproductibilités intra et inter-observateur ont été évaluées.

### Détermination de la taille de prothèse

La taille de prothèse qui aurait été choisie en se basant sur chaque méthode de mesure prise isolément a été déterminée. Pour le choix basé sur les mesures ETO, on utilisait le diamètre maximal. Pour le choix à partir des mesures scannographiques, plusieurs méthodes ont été évaluées : selon le diamètre maximal, selon diamètre moyen déduit de l'aire (DmoyA), et selon le diamètre moyen déduit du périmètre (DmoyP) de l'orifice de l'AG au niveau de la zone d'ancrage de la prothèse. Ce diamètre moyen correspondait au diamètre d'un cercle de même aire que celle de l'ellipse mesurée :  $D_{\text{moyA}} = \sqrt{4A/\pi}$ . Selon le même principe, le diamètre moyen déduit du périmètre était calculé par le logiciel 3mensio™ lors de la mesure du périmètre.

Soit  $D$  le diamètre de l'AG mesuré, et  $X_{min}$  et  $X_{max}$  les tailles de prothèse minimale et maximale pour obtenir une compression respectivement de 8 et 20% :

$$X_{min} = 1,08 D \text{ et } X_{max} = 1,2D$$

De la même façon que lors des procédures, pour une mesure  $D$  effectuée, on choisissait une prothèse de diamètre compris entre  $X_{min}$  et  $X_{max}$ . Les tailles de prothèses choisies selon le diamètre mesuré sont résumées dans le tableau ci dessous, issu des recommandations pour les prothèses Watchman™ (**Tableau 1**). Si le diamètre ne figurait pas dans le tableau, nous calculions la taille selon la méthode ci dessus, le résultat était arrondi à un chiffre entier. Lorsque 2 tailles étaient possibles, la taille la plus élevée était choisie.

Diamètre max ostium (mm)	Taille prothèse (mm)	Profondeur requise (mm)
17-19	21	20,2
20-22	24	22,9
23-25	27	26,5
26-28	30	29,4
29-31	33	31,5

**Tableau 1. Choix de la taille de prothèse en fonction du diamètre de l'AG.**

Nous avons rétrospectivement analysé, pour chacune des méthodes de mesures, sa capacité à estimer la taille de prothèse appropriée. Aucun gold standard n'existe pour déterminer la taille idéale de prothèse. Par défaut, nous avons considéré que si l'implantation était un succès, et que le taux de compression était optimal, alors la taille de prothèse implantée était la taille correcte. Lorsque le degré compression était inférieur à 8%, une taille au dessus de la prothèse implantée était considérée comme la taille correcte de prothèse. Lorsque le taux de compression était supérieur à 20%, la taille en dessous était considérée comme la taille correcte.

Le pourcentage d'estimations exactes a été calculé pour chacune des méthodes de mesures, permettant une comparaison entre elles.

#### Mesures selon phases du cycle cardiaque

Chez 4 patients aux antécédents de FA paroxystique, en rythme sinusal lors de l'angiogramme nous avons comparé la taille de l'orifice de l'AG en fonction de différentes phases du cycle cardiaque (phases à 0% et à 40% de l'intervalle RR, soit en systole, et à 75% de l'intervalle RR soit en diastole).

### Scanners post-procédure

Les mesures obtenues sur les scanners post procédures permettaient d'obtenir le taux de compression de la prothèse. Le taux de compression C était calculé selon la formule :

$$C (\%) = \frac{D_{max\ prothèse\ (mm)} \times 100}{D_{initial\ prothèse\ (mm)}}$$

Une comparaison de ces taux de compression selon la méthode de mesure de la prothèse a été effectuée.

Par ailleurs nous avons comparé les index d'excentricité de l'orifice de l'AG avant et après mise en place de la prothèse.

### **Analyses statistiques**

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel GraphPad Prism5™ (Graphpad Software, La Jolla, CA, USA).

Les données nominales ont été exprimées en nombres absolus et pourcentages. Les données continues ont été exprimées en moyennes et écarts-types, ou médianes et extrema. Le test de Shapiro Wilk permettait de vérifier la normalité des séries. La reproductibilité des mesures a été évaluée par le coefficient de corrélation intra classe.

La comparaison des méthodes de mesures a été effectuée à l'aide du test des rangs signés de Wilcoxon, ou du test t de Student pour données appariées si cela était approprié, et de courbes d'analyses de Bland et Altman. Les comparaisons de proportions ont été effectuées à l'aide du test exact de Fisher. Pour comparer les données indépendantes, nous avons utilisé un test de Kruskal-Wallis, ou une analyse de la variance si cela était approprié.

Nous avons choisi un seuil de significativité p à 0,05.

## RESULTATS

### Caractéristiques des patients (Tableaux 2 et 3)

Vingt sept patients, dont 41% de femmes ont bénéficié d'une fermeture percutanée de l'AG entre décembre 2013 et mai 2015. L'âge moyen était de  $72 \pm 8$  ans. Ils étaient tous porteurs d'une hypertension artérielle, et d'une FA non valvulaire (permanente pour 37% d'entre eux). Le score de CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub> VASC moyen était de  $4,4 \pm 1,4$ . Onze patients (41%) avaient un antécédent d'accident vasculaire cérébral (AVC) ischémique ou d'accident ischémique transitoire (AIT), survenus sous anticoagulants pour 2 d'entre eux. Vingt-six patients (96%) étaient contre indiqués définitivement aux anticoagulants en raison d'antécédents d'hémorragie grave, dont 92% survenues sous anticoagulants ou antiagrégants. Quatre-vingt six pour cent des accidents hémorragiques sous AVK étaient survenus sans surdosage (INR moyen à  $2,7 \pm 0,8$ ). Les caractéristiques de ces hémorragies sont résumées dans le **tableau 4**. Les morphologies d'AG type « aile de poulet », « brocoli », « manche à air », et « cactus » ont été respectivement retrouvées chez 37%, 18%, 15%, et 4% des patients. Le type de morphologie était indéterminé chez 26% des patients. La durée moyenne de suivi était de  $8 \pm 5,4$  mois (de 1 à 18 mois).

### Caractéristiques des procédures et suivi.

Toutes les procédures ont été effectuées par un abord fémoral droit. Une prothèse Watchman™ a été implantée correctement dans tous les cas. La procédure a été un succès dans 96% des cas. Survenue d'une tamponnade nécessitant un drainage chirurgical après implantation correcte de la prothèse, d'évolution favorable par la suite. Un changement de prothèse a été nécessaire chez 4 patients (deux pour compressions insuffisantes, deux pour mauvais positionnement) (**Tableau 5**). Le pourcentage moyen de compression en ETO en fin de procédure était de  $15 \pm 9$  %. Au cours du temps, on observe une baisse du temps de largage de la prothèse : médiane de 55 minutes (50 ; 69) en 2013-2014, versus 31 minutes (26 ; 38) en 2015 ( $p < 0,01$ ) (**Annexes 1 et 2**).

Une bithérapie par Aspirine 75 mg - Clopidogrel 75 mg a été maintenue 1 mois et tout traitement anticoagulant a été stoppé. La survenue d'évènements ou de complications au cours du suivi des patients est résumée dans le **tableau 6**. Après 14 mois de suivis, un AVC est survenu (3,7% soit 5,5%/an), d'évolution favorable.

### **Comparaison des mesures ETO 2D et scanner par reconstruction multiplanaire :**

Vingt-quatre patients ont eu une ETO et un angioscanner (trois patients n'ont pas eu d'angioscanner en raison d'une insuffisance rénale sévère). Les mesures de l'auricule gauche sont résumées dans le **tableau 7**. Les orifices auriculaires gauches étaient elliptiques c'est à dire avaient un index d'excentricité supérieur à 0,1, la moyenne étant de  $0,28 \pm 0,1$ .

Pour la variabilité intra-observateur, les coefficients de corrélation intra classe étaient supérieurs à 0,9 pour les principales mesures scannographiques. Pour la variabilité inter-observateur, le coefficient de corrélation était de 0,86 pour l'aire et le diamètre moyen. Les moyennes du diamètre maximal (Dmax) de l'orifice auriculaire étaient de  $26,6 \pm 3,7$  mm au scanner versus  $20,3 \pm 3,3$  mm en ETO, avec une différence moyenne de  $6,3 \pm 3,0$  mm ( $IC_{95\%}(0,4 ; 12,2)$ ,  $p < 0,001$ ) (**Figures 6 à 8**).

Il n'y avait pas de modification significative des mesures selon les phases du cycle cardiaque (**Annexe 3**).

Le choix basé sur le diamètre moyen déduit de l'aire mesurée au scanner était correct dans 63% des cas, versus 29% pour celui basé sur le diamètre mesuré en ETO ( $p < 0,05$ ). Les estimations de taille de prothèse par chacune des méthodes de mesures sont résumées dans la **figure 9** et le **tableau 8**.

### **Scanners post procédure (n=18)**

Dix-huit patients ont eu un scanner thoracique non injecté post procédure. On observe une perte du caractère elliptique de l'orifice auriculaire gauche au profil d'une forme circulaire (soit ayant un indice d'excentricité inférieur à 0,1) : index d'excentricité moyen de  $0,28 \pm 0,1$  avant la procédure versus  $0,06 \pm 0,04$  après la procédure ( $p < 0,01$ ). Lors des mesures au scanner, le degré de compression de la prothèse allait de 0 à 23 % (moyenne de  $11 \pm 6$  %). Nous n'avons pas mis en évidence de différence significative avec la moyenne du taux de compression ETO en fin de procédure évaluée à  $15 \pm 8$  % (de 7 à 37%) chez ces 18 patients ( $p = 0,09$ ). La mesure du diamètre de la prothèse à une distance de 7 mm de son extrémité proximale était de  $23,6 \pm 3,4$  mm en moyenne. En comparant ces mesures à celles de la prothèse en regard de la circonflexe, il n'y a pas de différence significative ( $p = 0,79$ ). En revanche, le diamètre de la prothèse en regard de l'artère circonflexe est de  $23,4 \pm 3,4$  mm versus  $24,9 \pm 3,6$  au niveau de la limite distale de la membrane perméable, et  $26,5 \pm 3,4$  mm au niveau de la partie la plus large de celle-ci, ( $p < 0,01$ ) (**Tableau 9**).

L'artère circonflexe était située à  $6,2 \pm 2,6$  mm (de 3 à 14 mm) de l'extrémité proximale de la prothèse.

<b>n = 27</b>	<b>n (%) / moy ± DS</b>
<b>Age moyen</b>	72 ± 8
<b>Sexe féminin</b>	11 (41)
<b>IMC moyen</b>	26 ± 4
<b>Comorbidités</b>	
Hypertension artérielle	27 (100)
Dyslipidémie	18 (67)
Diabète	12 (44)
Tabagisme actif	3 (12)
Insuffisance cardiaque	2 (7)
Coronaropathie	4 (15)
FEVG moyenne (%)	62 ± 8
Surface OG moyenne (cm <sup>2</sup> )	28 ± 5,5
IRC sévère	3 (11)
DFG selon MDRD (mL/min/1,73m <sup>2</sup> )	61 ± 25
<b>Antécédent AVC ischémique/AIT</b>	11 (41)
<b>Fibrillation atriale :</b>	
Paroxystique	16 (59)
Persistante	1 (4)
Permanente	10 (37)
<b>Score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub> VASC moyen</b>	4,4 ± 1,4
<b>Score HASBLED moyen</b>	3,3 ± 0,8
<b>Score HEMORR<sub>2</sub>HAGE moyen</b>	4,0 ± 1,1

<b>Score CHADSVASC</b>	<b>n (%)</b>
1	0
2	1 (4)
3	8(29)
4	7(26)
5	4(15)
6	5(18)
7	2(8)

**3a.**

<b>Score HEMORRHAGE</b>	<b>n (%)</b>
1	0
2	2 (7)
3	8 (30)
4	7 (26)
5	9 (33)
6	1 (4)
7	0

**3b.**

**Tableaux 3a et 3b.** Effectif de patients en fonction des scores de CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub> VASC et HEMORR<sub>2</sub>HAGE.

**Tableau 2. Caractéristiques des patients.** DS : déviation standard, IMC : indice de masse corporelle, FEVG : fraction d'éjection ventriculaire gauche, OG : oreillette gauche, AVC : Accident vasculaire cérébral, AIT : accident ischémique transitoire, IRC : insuffisance rénale chronique.

<b>n = 25</b>	<b>n (%)</b>
<b>Hémorragie cérébrale</b>	21 (84)
<b>Hémorragie digestive</b>	3 (12)
<b>Hématomes intra abdominaux</b>	1 (4)
<b>Survenue sous AVK</b>	14 (56)
Dont surdosage en AVK	2
INR moyen	2,7±0,8
<b>Survenue sous OAD</b>	5 (20)
<b>Survenue sous AAP</b>	3 (12)
<b>Survenue sous association AVK-AAP</b>	1 (4)

**Tableau 4.** Caractéristiques des hémorragies. *AAP* : antiagrégant plaquettaire, *AVK* : anti-vitamine K, *OAD* : Anticoagulants d'action directe

<b>n = 27</b>	<b>n (%) / Médiane (Q1,Q3)</b>
<b>Taille de prothèse n (%)</b>	
21mm	3 (11)
24mm	4 (15)
27mm	14 (52)
30mm	5 (18)
33mm	1 (4)
<b>Prothèse correctement implantée</b>	27 (100)
<b>Succès procédure</b>	26 (96)
<b>Temps largage prothèse (min)</b>	46 (31 ; 57)
<b>Durée AG (min)</b>	90 (72 ; 97)
<b>Dose PDC (mL)</b>	70 (47 ; 106)
<b>Temps de scopie (min)</b>	9 (7 ; 12)
<b>Changement de prothèse n (%)</b>	4 (15)
<b>Complications n (%)</b>	
Tamponnade	1 (4)
Embolisation de prothèse	0
AVC per procédure	0
Hématome au point de ponction	0
Insuffisance rénale aiguë (augmentation créatinine ≥ 25%)	2 (8)
Décès	0
<b>Durée de séjour (jours) (moyenne ± DS)</b>	6 ± 5 (médiane = 5)

**Tableau 5.** Caractéristiques des procédures. AG : Anesthésie générale, PDC produit de contraste

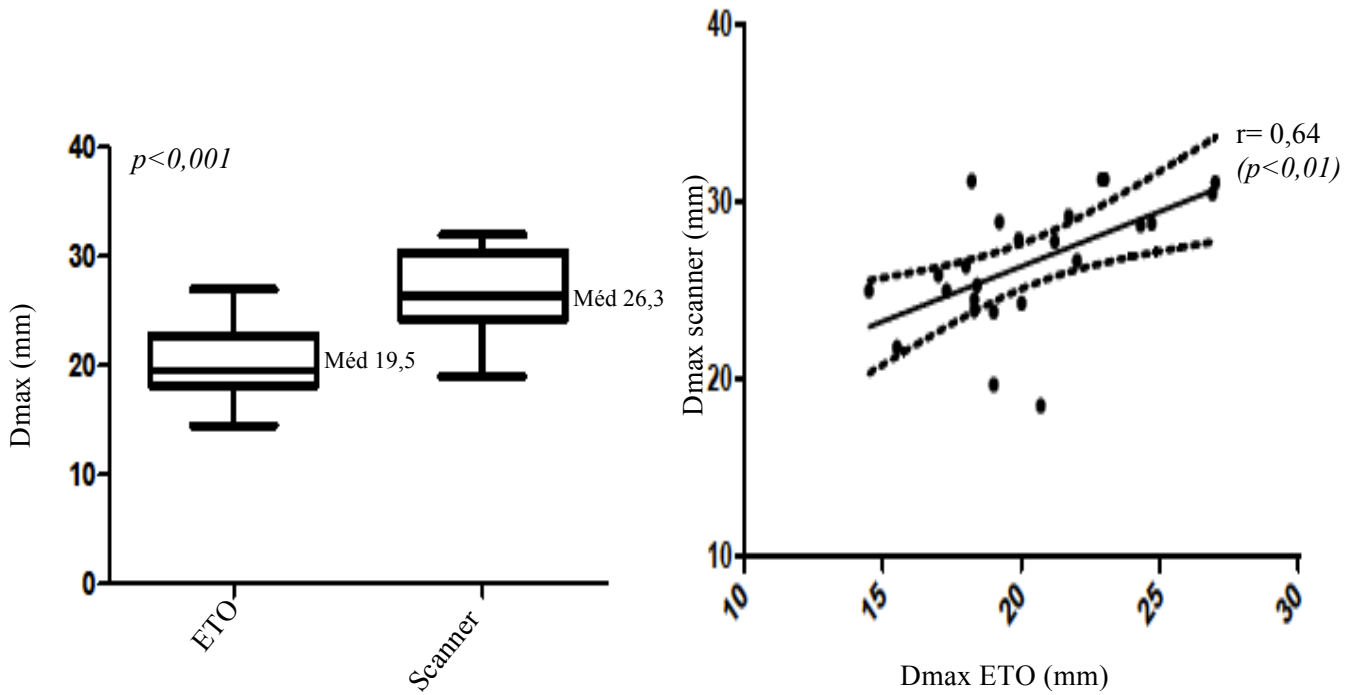
n = 27	n (%)
<b>Suivi clinique ultérieur</b>	
Suivi moyen (mois) (moyenne $\pm$ DS)	8 $\pm$ 5,4 (médiane 5,5)
AVC ischémique	1 (4)
Embolie systémique	0
Hémorragie	0
Décès	0
<b>Suivi échographique ultérieur n = 15 à J45</b>	
Epanchement péricardique	0
Thrombus sur prothèse	1 (4)
Fuite paraprothétique	1 (4)
Migration de prothèse	0
Degré de compression moyen (%)	16 $\pm$ 7

**Tableau 6.** Suivi des patients.

	Moyenne $\pm$ DS	Médiane	Min	Max	CCI
<b>ANGIOSCANNER n=24</b>					
<b>Taille orifice AG</b>					
Aire (mm <sup>2</sup> )	399 $\pm$ 108	395	183	607	0,98
Diamètre moyen selon A (mm)	22,3 $\pm$ 3,1	22,4	15,3	27,8	0,98
Périmètre (mm)	72 $\pm$ 10	72	52	88	0,97
Diamètre moyen selon P (mm)	23,1 $\pm$ 3,0	22,9	16,7	28,2	0,97
Diamètre minimal (mm)	19,0 $\pm$ 3,5	19,4	11,2	24,6	0,93
Diamètre maximal (mm)	26,6 $\pm$ 3,7	26,3	19,0	32,0	0,94
Indice d'excentricité	0,28 $\pm$ 0,1	0,28	0,05	0,52	
<b>Profondeur AG</b>					
Distance ostium-1 <sup>er</sup> coude (mm)	20,1 $\pm$ 3,5	20,5	14,0	27,8	0,81
Profondeur totale (mm)	32,4 $\pm$ 6,2	31,4	23,5	45,3	0,90
<b>Angulation ostium-AG (degrés)</b>	49 $\pm$ 13	48	25	73	0,68
<b>Distance avec structure adjacentes</b>					
Circonflexe (mm)	4,0 $\pm$ 1,2	3,9	1,7	6,7	0,81
VPSG (mm)	7,7 $\pm$ 1,9	8,0	3,9	11,6	0,68
Anneau mitral (mm)	18,9 $\pm$ 2,0	19	14,8	22,8	0,38
<b>ETO (n=24)</b>					
Diamètre maximal (mm)	20,3 $\pm$ 3,3	19,5	14,5	27	
Profondeur (mm)	28,1 $\pm$ 5,6	27,5	20	39,5	

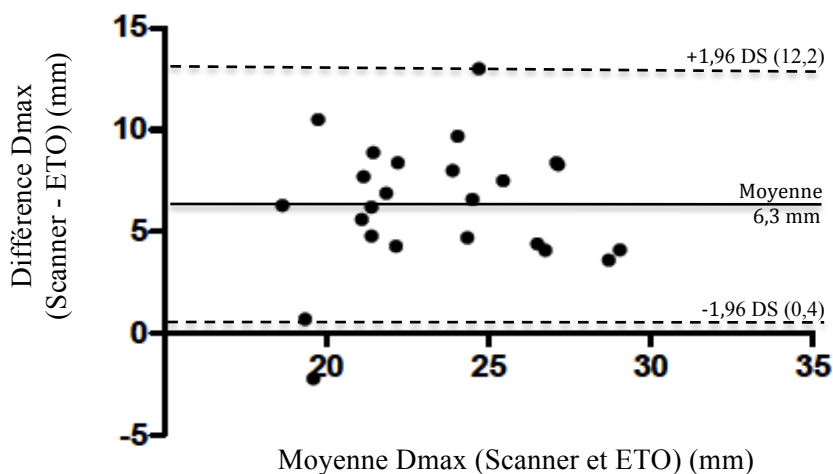
**Tableau 7.** Mesures angioscannographiques et par échographie transoesophagienne avant fermeture percutanée d'AG.

*DS : Déviation Standard, CCI : Coefficient de corrélation intra classe, AG : Auricule gauche, ETO : Echographie transoesophagienne, A : aire, P : périmètre.*



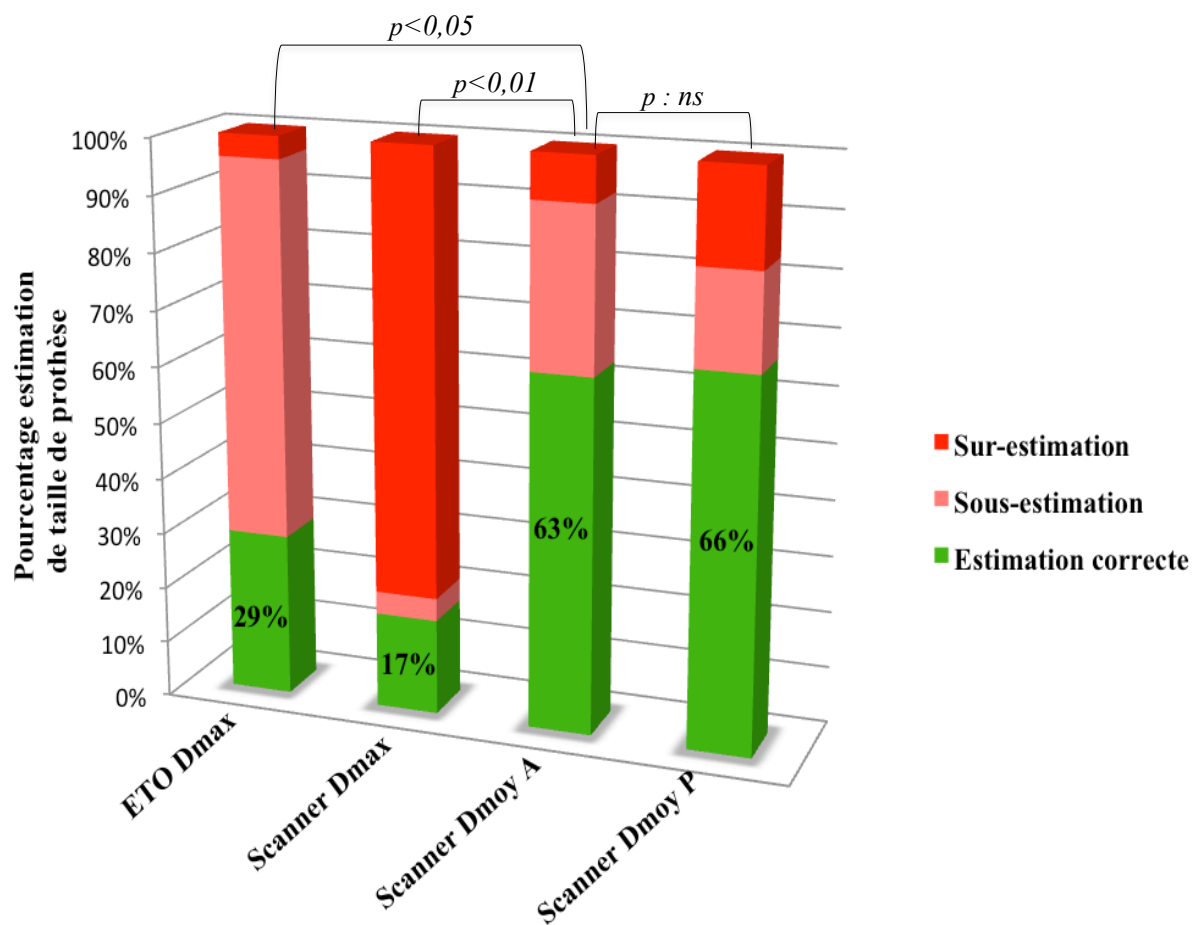
**Figure 6 (à gauche).** Dispersion des mesures du diamètre maximal en ETO et angioscanner, avec représentation des médianes et quartiles. Méd : médiane, exprimée en mm

**Figure 7 (à droite).** Corrélation entre ETO et scanner pour la mesure du diamètre maximal.  $r$  : coefficient de corrélation de Pearson



**Figure 8.** Courbe de Bland-Altman comparant les mesures angioscannographiques du diamètre maximal de l'orifice de l'AG aux mesures échographiques.

Les données en ordonnées représentent la différence de diamètre entre le scanner et l'ETO. Les données en abscisse correspondent à la moyenne des mesures faites par les deux examens.



**Figure 9.** Estimations à priori de la taille de prothèse selon la technique de mesure utilisée. Exactitude de l'estimation basée sur le résultat et le degré de compression final en ETO.  
*ETO Dmax : Choix selon diamètre maximal mesuré en ETO*  
*Scanner Dmax : Choix selon diamètre maximal mesuré au scanner*  
*Scanner Dmoy A : Choix selon diamètre moyen déduit de l'aire mesurée au scanner*  
*Scanner Dmoy P : Choix selon diamètre moyen déduit du périmètre mesuré au scanner*

n	ETO Dmax	Scanner Dmax	Scanner Dmoy A	Scanner Dmoy P	Prothèse définitive implantée	Taux de compression final ETO (%)	Taux de compression scanner post- procédure (%)
1	24	33	24	27	27*	37	18
2	24	33	27	27	27*	4	7
3	21	27	21	24	21*	17	20
4	30	33	30	30	30*	8	10
5	27	33	30	30	30*	23	NF
6	21	27	24	24	27*	19	NF
7	21	21	21	21	24*	15	NF
8	24	27	27	27	27*	13	NF
9	21	24	21	21	21*	13	NF
10	27	33	27	30	30 <sup>†</sup>	13	0
11	21	33	27	27	27 <sup>†</sup>	12	1
12	21	27	27	27	27	9	13
13	30	33	33	33	30	14	9
14	21	27	24	24	27	24	11
15	24	30	27	27	24	7	23
16	21	30	21	24	27	22	17
17	21	27	24	24	24	11	7
18	21	27	24	24	27	24	15
19	21	30	24	27	27	11	16
20	24	30	27	27	27	15	10
21	24	24	21	21	21	20	14
22	27	33	27	27	30	33	NF
23	21	33	30	30	33	9	9
24	27	33	30	30	27	7	1

**Tableau 8.** Choix taille de prothèse selon chacune des méthodes de mesures, et prothèse réellement implantée avec taux de compression ETO et scanner post-implantation.

Tailles exprimées en mm. Dmax : diamètre max. Dmoy A : Diamètre moyen déduit de l'aire. Dmoy P : diamètre moyen déduit du périmètre.

\* Choix de taille de prothèse fait sous proctoring. NF : non fait.

<sup>†</sup> Prothèse initialement implantée de taille inférieure, changée du fait d'une sous-compression initiale.

<b>n = 18</b>	<b>A 7 mm du bord proximal de la prothèse</b>	<b>Au niveau de la partie la plus large de la prothèse</b>	<b>A la limite distale de la membrane</b>	<b>En regard de l'artère circonflexe</b>	<b><i>p</i></b>
<b>Diamètre (moy ± DS)</b>	23,6 ± 3,4*	26,5 ± 3,4	24,9 ± 3,6	23,4 ± 3,7*	0,03
<b>Taux de compression (moy ± DS)</b>	11 ± 6 <sup>†</sup>	2 ± 4	6 ± 7	12 ± 9 <sup>†</sup>	<0,01

**Tableau 9.** Valeurs du diamètre de la prothèse sur les scanners post procédure, en fonction de la méthode de mesure. *Diamètres exprimés en millimètres, taux de compression exprimés en pourcentages.* \*<sup>†</sup> différence non significative entre les 2 moyennes, *p* : ns.

## **DISCUSSION**

L'expérience initiale de l'Hôpital Louis Pradel (HCL, Bron) dans la fermeture percutanée de l'auricule gauche montre une efficacité satisfaisante, avec un faible taux de complications de cette procédure. Le diamètre moyen de l'orifice auriculaire gauche mesuré au scanner avec reconstruction multiplanaire est une méthode cohérente, fiable, et reproductible permettant un choix de taille de prothèse plus approprié, qu'avec l'ETO.

### **Résultats de fermeture percutanée d'auricule gauche dans notre centre**

Notre population était comparable à celle de l'étude ASAP<sup>7</sup>, en terme d'âge, de risque thrombo-embolique et de risque hémorragique. Cette population était à haut risque hémorragique : âge moyen de 72 ans, 100% d'hypertendus, 93% des patients ayant un score HEMORR<sub>2</sub>HAGE supérieur ou égal à 3. Le taux de succès de la procédure est comparable à ceux des autres études alors que nous débutions notre courbe d'apprentissage (**Tableau 10**).

Dans notre population sans aucun traitement anticoagulant ni antiagrégant dès le premier mois, un AVC ischémique régressif est survenu chez un patient 14 mois après la procédure, soit un taux d'événements total de 3,7%. Il n'y avait pas de thrombus sur la prothèse ni de fuite paraprothétique en ETO chez ce patient.

Un thrombus a été observé sur la prothèse au cours du suivi ETO du sixième mois, chez un patient asymptomatique. Celui-ci a nettement régressé sans complications sous anticoagulation IV puis traitement par Apixaban 2,5mg.

### **Comparaison des mesures de l'ostium de l'auricule gauche (Tableau 11)**

L'estimation précise de la taille de l'auricule gauche est une étape cruciale pour le succès de la procédure et la limitation des manœuvres ou des changements de prothèse, facteurs de risque de complication grave. Les mesures du diamètre maximal de l'ostium de l'AG effectuées en ETO et au scanner sont significativement différentes, avec une sous-estimation de ces mesures par l'ETO.

Chez 612 patients en FA, Wang et al. montrent, au scanner, que la méthode de mesure de l'AG en vue oblique transverse (méthode que nous avons utilisée pour nos mesures scannographiques) et en reconstruction 3D est supérieure aux mesures effectuées en 2D orthogonal : Diamètre maximaux respectivement de  $25,5 \pm 5,5$  mm versus  $21,5 \pm 5,3$  et  $21,5 \pm 5,3$  mm. La reproductibilité de la méthode oblique transverse était la meilleure. Comme dans notre étude, il n'y avait pas de variation des mesures selon les phases du cycle cardiaque<sup>21</sup>.

Budge et al. montrent chez 53 patients que les méthodes de mesures bidimensionnelles (scanner comme ETO) sous-estiment les mesures de l'AG par rapport à une reconstruction 3D au scanner<sup>22</sup> : différences moyennes dans les mesures du diamètre de l'orifice de l'AG entre scanner 3D et ETO, et scanner 3D et 2D de 2,5mm IC<sub>95%</sub>(0,9 ; 4) et 2,4mm IC<sub>95%</sub>(1,1 ; 3,6), respectivement. Ces valeurs sont très comparables à nos observations entre reconstruction multiplanaire au scanner et ETO 2D. Nous n'avons pas de mesures ETO 3D disponibles systématiquement.

Cette sous-estimation des mesures 2D de l'ostium de l'AG est également retrouvée dans l'étude de Nucifora et al.<sup>17</sup> qui compare l'ETO 2D à l'ETO 3D chez 137 patients. Dans cette étude, le scanner est utilisé comme référence chez un sous-groupe de patients : il existe une bonne corrélation entre les mesures scanner et ETO 3D (coefficient de Pearson à 0,92 IC<sub>95%</sub>(0,85 ; 0,95)), avec néanmoins une discrète sous-estimation des mesures par l'ETO 3D (moyenne des différences pour l'aire de  $0,07 \text{ cm}^2$  (IC<sub>95%</sub>(-0,71-0,85)).

La sous-estimation par les outils de mesure bidimensionnels peut être expliquée par plusieurs phénomènes :

- Le caractère elliptique de l'orifice auriculaire gauche, comme le montrent nos mesures, ainsi que celles des études de Krishnaswamy et al. et O'Brien et al. (indices d'excentricités moyen de 0,28, 0,37 et 0,4 respectivement)<sup>15,16</sup> : si la mesure du diamètre maximal n'est pas effectuée sur le plus grand axe de l'ellipse, alors celle-ci sera sous-estimée. En ETO, il est supposé que le plus grand axe de l'ostium est retrouvé autour de l'incidence 135°. L'axe du cœur étant variable selon les individus, et la variabilité de forme et d'orientation de l'auricule ayant été démontrée<sup>11</sup>, il est difficile de savoir si la distance que l'on mesure correspond au plus grand diamètre, ou à un diamètre adjacent.

- L'utilisation des plans de coupe ETO, reproduits virtuellement sur les reconstructions des images scannographiques nous a permis de constater que lorsque l'on mesure l'orifice de l'AG, il est possible que l'on se situe non seulement sur un diamètre autre que le diamètre

maximal, mais également sur une corde, ne passant pas par le centre de l'ostium. Cette constatation rend les mesures aléatoires et explique que les mesures par ETO 2D soient sous-estimées.

- Le manque de résolution latérale liée au phénomène de speckle ultrasonore en échographie peut également favoriser la sous-estimation des mesures, de plusieurs millimètres, ce qui peut être gênant pour la mesure d'un orifice de l'ordre de quelques dizaines de millimètres.

	<b>CH L.Pradel (HCL, Bron) (n = 27)</b>	<b>PREVAIL<sup>4</sup>, 2014 (n = 269)</b>	<b>ASAP<sup>7</sup>, 2013 (n=150)</b>	<b>CAP<sup>9</sup>, 2013 (n=407)</b>	<b>PROTECT AF<sup>2,3</sup>, 2009-2014 (n = 449)</b>
<b>Age moyen</b>	72 ± 8	74 ± 7	72,5 ± 7	74 ± 8	72 ± 9
<b>CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub> VASC</b>	4,4 ± 1,4	3,8 ± 1,2	4,4 ± 1,7	NR	NR
<b>Taux de succès (%)</b>	96	95	95	95	91
<b>Efficacité : Taux évènements</b>	3,7% au total 5,5%/an		4,6% / an	NR	2,3% / an
<b>Complications périprocédurales†</b>	3,7%	4,2%	2,6%	3,7%	7,7%
<b>Durée de suivi moyen (mois)</b>	8	18	14	4,8 (médiane)	45

**Tableau 10.** Caractéristiques population et taux d'évènement selon les différentes études.

\*Taux d'évènements : Décès de cause cardiovasculaire / AVC ischémique/ AVC hémorragique / Embolie périphérique

†Complications périprocédurales (per-procédure ou dans les 7 jours post-procédure) : Epanchement péricardique nécessitant un drainage chirurgical ou percutané/ AVC ischémique perprocédural / Embolisation de prothèse

NR : non rapporté.

	<b>CH L.Pradel (HCL, Bron) (n=27)</b>	<b>Wang et al.<sup>21</sup> (n=612)</b>	<b>Budge et al.<sup>22</sup> (n=53)</b>	<b>Krishnasw- amy et al.<sup>16</sup></b>	<b>Lopez Minguez et al.<sup>18</sup> (n=37)</b>
<b>Dmax</b>	26,6 ± 3,7	25,4 ± 5,5	28,5 ± 4,5	28,7 ± 6,1	19,9
<b>Dmin</b>	19 ± 3,5	16,8 ± 4,5		20,7 ± 5,2	17,8
<b>Aire</b>	399 ± 108	374 ± 184	29,2 ± 5,7	19,1 ± 0,4	
<b>Périmètre</b>	72 ± 10	77,1 ± 17,9			
<b>Dmoyen P</b>	23,1 ± 3,1	24,6 ± 4,7			
<b>Profondeur 1<sup>er</sup> coude</b>	20,1 ± 3,5	14,1 ± 4			
<b>Profondeur totale</b>	32,4 ± 6,2				
<b>Indice excentricité</b>	0,28 ± 0,1			0,37	

**Tableau 11.** Mesures scannographiques de l'ostium de l'AG selon les études.

## **Apports du scanner dans le choix de la taille de prothèse**

L'étude de Lopez-Minguez et al. comparant le scanner, l'ETO et l'angiographie chez 37 patients avant fermeture d'auricule gauche par prothèse ACP™, a montré que le choix de la taille de prothèse en fonction du diamètre supéroinférieur mesuré au scanner (décrit comme équivalent au diamètre maximal), aidait dans 75% des cas au choix approprié de la taille de prothèse, versus 51% pour l'ETO et 49% pour l'angiographie. La meilleure combinaison pour aider à ce choix était le scanner associé à l'angiographie. Le diamètre moyen n'était pas utilisé dans cette étude.

Dans notre étude, nous avons évalué retrospectivement la capacité de chaque méthode de mesure prise isolément à déterminer la taille de prothèse la plus appropriée. Plusieurs tailles sont probablement possibles, mais nous avons, comme dans l'étude de Lopez-Minguez et al., considéré que lorsque l'implantation était un succès alors la taille de prothèse définitivement implantée était la taille considérée comme correcte. Afin d'affiner l'analyse, nous avons pris en compte le taux de compression post-implantation de prothèse. Dans notre analyse, le diamètre moyen déduit de l'aire ou du périmètre mesuré au scanner apparaissait comme étant la méthode la plus correcte avec un pourcentage de choix approprié de 63 et 66% respectivement versus 29% pour la méthode utilisant le diamètre maximal en ETO ( $p < 0,05$ ), et 17% selon le diamètre maximal scannographique avec une nette tendance à la surestimation par cette dernière méthode, contrairement à l'étude de Lopez-Minguez et al. Si nous avions utilisé les mêmes critères que Lopez-Minguez et al., alors les pourcentages de choix correct pour l'ETO, le diamètre maximal au scanner et le diamètre moyen déduit de l'aire au scanner auraient été respectivement de 25, 25 et 46%.

L'étude de Wang et al. avait suggéré la supériorité de la déduction du diamètre moyen à partir du périmètre par rapport à celui calculé à partir des mesures directes des diamètres maximal et minimal et pourrait être le meilleur paramètre pour choisir la taille de prothèse<sup>21</sup>.

Comme le montrent nos résultats, l'orifice de l'auricule gauche a tendance à se circulariser une fois la prothèse implantée (indice d'excentricité moyen passant de 0,29 à 0,06). Pour le choix de la taille de prothèse, il paraît donc cohérent de se baser sur le diamètre d'un cercle de même aire ou de même périmètre que l'orifice mesuré, et de choisir une prothèse de taille 8 à

20% supérieure à celui-ci pour obtenir une compression optimale, selon les directives du constructeur.

Le choix d'une prothèse basé sur le diamètre maximal peut engendrer une surcompression si celui-ci est très différent du diamètre minimal, ce qui peut expliquer la surestimation dans 79% des cas dans notre étude.

Deux changements de taille de prothèse ont été nécessaires dans notre série (7%), suite à une sous-compression importante en ETO (inférieure à 4%), les deux prothèses initiales ayant été choisies sur les mesures ETO et angiographiques (selon le protocole Watchman™), alors que la taille de prothèse finalement implantée avec succès et degré de compression optimal avait été prédite par le scanner.

Une utilisation systématique du scanner pour estimer la taille de prothèse d'AG peut donc potentiellement minimiser les risques de la procédure en limitant les manipulations inutiles. L'anticipation de la taille de la prothèse a d'autre part un intérêt en terme économique certainement non négligeable.

### **Evaluation du taux de compression**

Afin d'évaluer le degré de compression en fin de procédure, la prothèse est mesurée en ETO : celle-ci étant circulaire et tendant à circulariser l'auricule, les mesures échographiques du taux de compression sont utilisées dans les différentes études. Mais l'hypothèse faite plus haut concernant les plans de coupe échographiques, soulève le fait que si la mesure effectuée correspond à celle d'une corde, le taux de compression sera surestimé. D'autre part, les recommandations retiennent la mesure maximale de la prothèse quelle que soit sa position finale pour estimer la compression ; si une prothèse devait prolaber dans l'OG, des mesures trop proximales risqueraient de mesurer une partie de prothèse non contrainte par les tissus, sous estimant ainsi la compression. On peut donc se poser la question de la validité de cette méthode pour la mesure du taux de compression.

Nous avons tenté d'évaluer le taux compression par l'analyse des scanners post procédure. Pour calculer le taux de compression de prothèse, nous avons arbitrairement choisi d'effectuer

cette mesure dans le plan situé à 7 mm du bord proximal de la prothèse, afin de s'assurer de mesurer sa partie ancrée dans l'auricule (la protrusion de la prothèse à l'extérieur de l'auricule étant théoriquement systématiquement inférieure ou égale à 8mm). A la relecture des scanners, cette mesure n'était parfois pas en regard de l'artère circonflexe (4 cas soit 22%), donc pas au niveau de la zone d'ancrage idéale mesurée en pré procédure, mais sans différence significative entre les mesures.

La comparaison de la taille de la prothèse en regard de l'artère circonflexe, à celle mesurée au niveau de la limite distale de la membrane perméable, et à celle effectuée au niveau de sa partie la plus large, montre que la mesure du diamètre, et donc du taux de compression, est différente selon l'endroit où l'on se situe.

Le taux de compression mesuré en ETO est actuellement un critère de réussite de l'implantation de la prothèse d'AG ; la question de sa fiabilité et de sa pertinence est ainsi remise en question.

## **Limites**

Les principales limites de cette étude sont son faible effectif, et son caractère monocentrique. La durée moyenne de suivi est inférieure à celle des autres études. Par ailleurs, nous n'avons pas comparé les mesures scannographiques avec les mesures angiographiques car seules 18 mesures angiographiques avaient été effectuées.

## **Conclusion**

L'auricule gauche est une structure de forme complexe avec un orifice elliptoïde dont les mesures sont mieux appréhendées par un outil ayant une haute résolution spatiale et offrant une possibilité d'étude multiplanaire comme le scanner. L'estimation précise de la taille de l'auricule gauche est une étape cruciale pour le succès de la procédure et pour la limitation des manœuvres ou des changements de prothèse, facteurs de risque de complication sévères. La méthode basée sur le diamètre moyen mesuré au scanner est une méthode cohérente, fiable, et reproductible, aidant à choisir la taille de prothèse la plus appropriée. L'ETO et l'angiographie restent deux examens nécessaires au bon déroulement de la procédure. Nos résultats nous incitent à associer le scanner à ces deux examens, afin d'optimiser la procédure.

## REFERENCES

1. Blackshear, J. L. & Odell, J. A. Appendage obliteration to reduce stroke in cardiac surgical patients with atrial fibrillation. *Ann. Thorac. Surg.* **61**, 755–759 (1996).
2. Holmes, D. R. *et al.* Percutaneous closure of the left atrial appendage versus warfarin therapy for prevention of stroke in patients with atrial fibrillation: a randomised non-inferiority trial. *Lancet* **374**, 534–542 (2009).
3. Reddy, V. Y. *et al.* Percutaneous left atrial appendage closure vs warfarin for atrial fibrillation: a randomized clinical trial. *JAMA* **312**, 1988–1998 (2014).
4. Holmes, D. R. *et al.* Prospective randomized evaluation of the Watchman Left Atrial Appendage Closure device in patients with atrial fibrillation versus long-term warfarin therapy: the PREVAIL trial. *J. Am. Coll. Cardiol.* **64**, 1–12 (2014).
5. Nietlispach, F. *et al.* Amplatzer left atrial appendage occlusion: single center 10-year experience. *Catheter. Cardiovasc. Interv. Off. J. Soc. Card. Angiogr. Interv.* **82**, 283–289 (2013).
6. Park, J.-W. *et al.* Left atrial appendage closure with Amplatzer cardiac plug in atrial fibrillation: initial European experience. *Catheter. Cardiovasc. Interv. Off. J. Soc. Card. Angiogr. Interv.* **77**, 700–706 (2011).
7. Reddy, V. Y. *et al.* Left Atrial Appendage Closure With the Watchman Device in Patients With a Contraindication for Oral Anticoagulation: The ASAP Study (ASA Plavix Feasibility Study With Watchman Left Atrial Appendage Closure Technology). *J. Am. Coll. Cardiol.* **61**, 2551–2556 (2013).
8. Reddy, V. Y., Holmes, D., Doshi, S. K., Neuzil, P. & Kar, S. Safety of percutaneous left atrial appendage closure: results from the Watchman Left Atrial Appendage System for Embolic Protection in Patients with AF (PROTECT AF) clinical trial and the Continued Access Registry. *Circulation* **123**, 417–424 (2011).
9. Bajaj, N. S. *et al.* Percutaneous left atrial appendage occlusion for stroke prophylaxis in nonvalvular atrial fibrillation: a systematic review and analysis of observational studies. *JACC Cardiovasc. Interv.* **7**, 296–304 (2014).
10. Su, P., McCarthy, K. P. & Ho, S. Y. Occluding the left atrial appendage: anatomical considerations. *Heart Br. Card. Soc.* **94**, 1166–1170 (2008).
11. Veinot, J. P. *et al.* Anatomy of the normal left atrial appendage: a quantitative study of age-related changes in 500 autopsy hearts: implications for echocardiographic examination. *Circulation* **96**, 3112–3115 (1997).
12. Stöllberger, C., Schneider, B. & Finsterer, J. Elimination of the left atrial appendage to prevent stroke or embolism? Anatomic, physiologic, and pathophysiologic considerations. *Chest* **124**, 2356–2362 (2003).
13. Heist, E. K. *et al.* Analysis of the left atrial appendage by magnetic resonance angiography in patients with atrial fibrillation. *Heart Rhythm Off. J. Heart Rhythm Soc.* **3**, 1313–1318 (2006).
14. Sievert, H. *et al.* Percutaneous left atrial appendage transcatheter occlusion to prevent stroke in high-risk patients with atrial fibrillation: early clinical experience. *Circulation* **105**, 1887–1889 (2002).

15. O'Brien, J. *et al.* Three-dimensional assessment of left atrial appendage orifice geometry and potential implications for device closure. *Int. J. Cardiovasc. Imaging* **30**, 819–823 (2014).
16. Krishnaswamy, A. *et al.* Planning left atrial appendage occlusion using cardiac multidetector computed tomography. *Int. J. Cardiol.* **158**, 313–317 (2012).
17. Nucifora, G. *et al.* Evaluation of the left atrial appendage with real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography: implications for catheter-based left atrial appendage closure. *Circ. Cardiovasc. Imaging* **4**, 514–523 (2011).
18. López-Mínguez, J. R. *et al.* Comparison of imaging techniques to assess appendage anatomy and measurements for left atrial appendage closure device selection. *J. Invasive Cardiol.* **26**, 462–467 (2014).
19. Shah, S. J. *et al.* Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography of the left atrial appendage: initial experience in the clinical setting. *J. Am. Soc. Echocardiogr. Off. Publ. Am. Soc. Echocardiogr.* **21**, 1362–1368 (2008).
20. Taina, M. *et al.* Morphological and Volumetric Analysis of Left Atrial Appendage and Left Atrium: Cardiac Computed Tomography-Based Reproducibility Assessment. *PLoS ONE* **9**, (2014).
21. Wang, Y. *et al.* Left atrial appendage studied by computed tomography to help planning for appendage closure device placement. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* **21**, 973–982 (2010).
22. Budge, L. P. *et al.* Analysis of in vivo left atrial appendage morphology in patients with atrial fibrillation: a direct comparison of transesophageal echocardiography, planar cardiac CT, and segmented three-dimensional cardiac CT. *J. Interv. Card. Electrophysiol. Int. J. Arrhythm. Pacing* **23**, 87–93 (2008).
23. Ismail, T. F. *et al.* CT imaging for left atrial appendage closure: A review and pictorial essay. *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* **9**, 89–102 (2015).
24. López-Mínguez, J. R. *et al.* Anatomical classification of left atrial appendages in specimens applicable to CT imaging techniques for implantation of amplatzer cardiac plug. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* **25**, 976–984 (2014).
25. Camm, A. J. *et al.* 2012 focused update of the ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation: an update of the 2010 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation--developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association. *Eur. Eur. Pacing Arrhythm. Card. Electrophysiol. J. Work. Groups Card. Pacing Arrhythm. Card. Cell. Electrophysiol. Eur. Soc. Cardiol.* **14**, 1385–1413 (2012).
26. Haute autorité de santé. Evaluation de l'occlusion de l'appendice auriculaire gauche par voie transcutanée. (2014). at <[http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2014-09/rapport\\_occlusion\\_transcutanee\\_aag\\_2014-09-18\\_11-44-33\\_990.pdf](http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2014-09/rapport_occlusion_transcutanee_aag_2014-09-18_11-44-33_990.pdf)>
27. Matsuo, Y. *et al.* Interventional closure of the left atrial appendage for stroke prevention. *Circ. J. Off. J. Jpn. Circ. Soc.* **78**, 619–624 (2014).
28. Gage, B. F. *et al.* Clinical classification schemes for predicting hemorrhage: results from the National Registry of Atrial Fibrillation (NRAF). *Am. Heart J.* **151**, 713–719 (2006).

## CONCLUSIONS

La fermeture percutanée de l'auricule gauche est considérée comme au moins aussi efficace que la Warfarine dans la prévention thromboembolique chez les patients en fibrillation atriale non valvulaire. Bien que le taux de complications de cette procédure ait progressivement diminué avec le temps et l'expérience des opérateurs, le risque demeure. Les complications les plus redoutées sont les épanchements péricardiques, favorisés par la manipulation du matériel, et les embolisations de prothèse. L'étude de l'anatomie de l'auricule et la détermination précise de la taille de l'orifice auriculaire gauche est primordiale afin de choisir la taille de prothèse la plus adaptée et ainsi limiter le risque de complications. L'échographie transoesophagienne (ETO) et l'angiographie sont les méthodes actuellement les plus utilisées pour ces mesures. Or, ces méthodes de mesure bidimensionnelles ne sont pas toujours adaptées pour des structures non circulaires, telles que l'orifice de l'auricule gauche qui est elliptique ; le risque étant la sous-estimation des mesures. Le but de notre étude était de présenter l'expérience initiale de notre centre dans la fermeture percutanée d'AG par prothèse Watchman™ et d'évaluer la place du scanner dans le choix de la taille de prothèse.

Nous avons analysé les scanners pré-procédure avec reconstruction multiplanaire effectués chez 24 patients ayant bénéficié d'une fermeture percutanée d'auricule gauche par prothèse Watchman™ à l'Hôpital Louis Pradel (HCL, Bron) entre décembre 2013 et mai 2015. Nous avons comparé les mesures de l'ostium de l'auricule gauche effectuées au scanner aux mesures effectuées en ETO 2D per-procédure. Nous avons évalué la capacité de chaque méthode de mesure à déterminer la taille de prothèse la plus appropriée.

La première expérience de notre centre dans la FPAG montre de bons résultats avec un taux de succès d'implantation de 96% un faible taux de complications de cette procédure (3,7%). Les mesures du diamètre maximal de l'ostium de l'auricule gauche étaient significativement plus élevées au scanner qu'en échographie transoesophagienne avec des moyennes respectives de  $26,6 \pm 3,7$  mm versus  $20,3 \pm 3,3$  mm), avec une différence moyenne égale à  $6,3 \pm 3$  mm IC<sub>95%</sub> (0,4 ; 12,2),  $p < 0,001$ ). Les coefficients de corrélation intra classes, étaient supérieurs à 0,9 pour la variabilité intra-observateur, et égaux à 0,86 pour la variabilité inter-observateurs. Le choix de la prothèse à l'aide du diamètre moyen déduit de l'aire mesurée au scanner paraît être la méthode la plus fiable pour déterminer la taille de prothèse appropriée, en comparaison avec l'ETO (63% de réussite versus 29%,  $p < 0,05$ ).

Ainsi, la méthode scannographique de mesure de l'orifice auriculaire gauche est une méthode cohérente, précise et reproductible qui pourrait aider au choix de la taille de prothèse dans la procédure de fermeture percutanée de l'auricule gauche. Ces résultats nous incitent à associer le scanner aux méthodes de mesures actuellement existantes afin d'améliorer la procédure.

**Professeur Gérard FINET**  
Service de Cardiologie B  
Cardiologie Interventionnelle  
Hôpital Cardiologique - LYON

Le Président de la thèse  
*Nom et Prénom du Président*  
*Signature*



Vu et permis d'imprimer  
Lyon, le 29.05.2015  
**04 JUIN 2015**

VU :  
Le Doyen de la Faculté de Médecine  
Lyon-Est



Professeur Jérôme ETIENNE

VU :  
Pour Le Président de l'Université  
Le Président du Comité de Coordination  
des Etudes Médicales



Professeur François-Noël GILLY

**REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

1. Camm, A. J. *et al.* 2012 focused update of the ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation: an update of the 2010 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation--developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association. *Eur. Eur. Pacing Arrhythm. Card. Electrophysiol. J. Work. Groups Card. Pacing Arrhythm. Card. Cell. Electrophysiol. Eur. Soc. Cardiol.* **14**, 1385–1413 (2012).
2. Wolf, P. A., Abbott, R. D. & Kannel, W. B. Atrial fibrillation as an independent risk factor for stroke: the Framingham Study. *Stroke J. Cereb. Circ.* **22**, 983–988 (1991).
3. Hart, R. G., Benavente, O., McBride, R. & Pearce, L. A. Antithrombotic therapy to prevent stroke in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis. *Ann. Intern. Med.* **131**, 492–501 (1999).
4. Hart, R. G., Pearce, L. A. & Aguilar, M. I. Meta-analysis: antithrombotic therapy to prevent stroke in patients who have nonvalvular atrial fibrillation. *Ann. Intern. Med.* **146**, 857–867 (2007).
5. Connolly, S. J. *et al.* Dabigatran versus warfarin in patients with atrial fibrillation. *N. Engl. J. Med.* **361**, 1139–1151 (2009).
6. Granger, C. B. *et al.* Apixaban versus warfarin in patients with atrial fibrillation. *N. Engl. J. Med.* **365**, 981–992 (2011).
7. Patel, M. R. *et al.* Rivaroxaban versus warfarin in nonvalvular atrial fibrillation. *N. Engl. J. Med.* **365**, 883–891 (2011).
8. Pouyanne, P., Haramburu, F., Imbs, J. L. & Bégaud, B. Admissions to hospital caused by adverse drug reactions: cross sectional incidence study. *BMJ* **320**, 1036 (2000).
9. Linkins, L.-A., Choi, P. T. & Douketis, J. D. Clinical impact of bleeding in patients taking oral anticoagulant therapy for venous thromboembolism: a meta-analysis. *Ann. Intern. Med.* **139**, (2003).
10. Shivkumar, K., Jafri, S. M. & Gheorghide, M. Antithrombotic therapy in atrial fibrillation: A review of randomized trials with special reference to the stroke prevention in atrial fibrillation II (SPAF II) trial. *Prog. Cardiovasc. Dis.* **38**, 337–342 (1996).
11. Pengo, V., Legnani, C., Noventa, F., Palareti, G. & ISCOAT Study Group. (Italian Study on Complications of Oral Anticoagulant Therapy). Oral anticoagulant therapy in patients with nonrheumatic atrial fibrillation and risk of bleeding. A Multicenter Inception Cohort Study. *Thromb. Haemost.* **85**, 418–422 (2001).
12. Palareti, G. [Anticoagulant therapy in patients with atrial fibrillation: the experience of the Centers of Surveillance. Study group of the ‘Italian Study on Complications of Oral Anticoagulant Therapy’ (ISCOAT)]. *Ann. Ital. Med. Interna Organo Uff. Della Soc. Ital. Med. Interna* **11 Suppl 2**, 18S–20S (1996).
13. Pisters, R. *et al.* A novel user-friendly score (HAS-BLED) to assess 1-year risk of major bleeding in patients with atrial fibrillation: the Euro Heart Survey. *Chest* **138**, 1093–1100 (2010).
14. Gage, B. F. *et al.* Clinical classification schemes for predicting hemorrhage: results from the National Registry of Atrial Fibrillation (NRAF). *Am. Heart J.* **151**, 713–719 (2006).
15. Hylek, E. M., Evans-Molina, C., Shea, C., Henault, L. E. & Regan, S. Major hemorrhage and tolerability of warfarin in the first year of therapy among elderly patients with atrial fibrillation. *Circulation* **115**, 2689–2696 (2007).
16. Själander, A., Engström, G., Berntorp, E. & Svensson, P. Risk of haemorrhagic stroke in patients with oral anticoagulation compared with the general population. *J. Intern. Med.* **254**, 434–438 (2003).
17. Fang, M. C. *et al.* 30-day Mortality after Ischemic Stroke and Intracranial Hemorrhage in Patients with Atrial Fibrillation On and Off Anticoagulants. *Stroke J. Cereb. Circ.* **43**, 1795–1799 (2012).

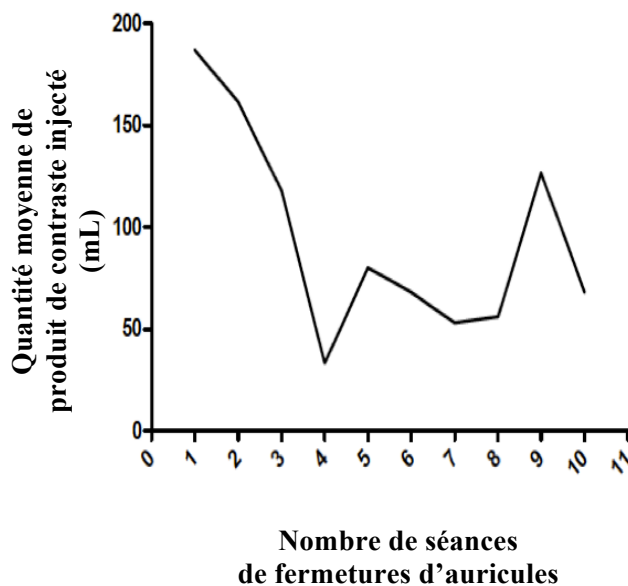
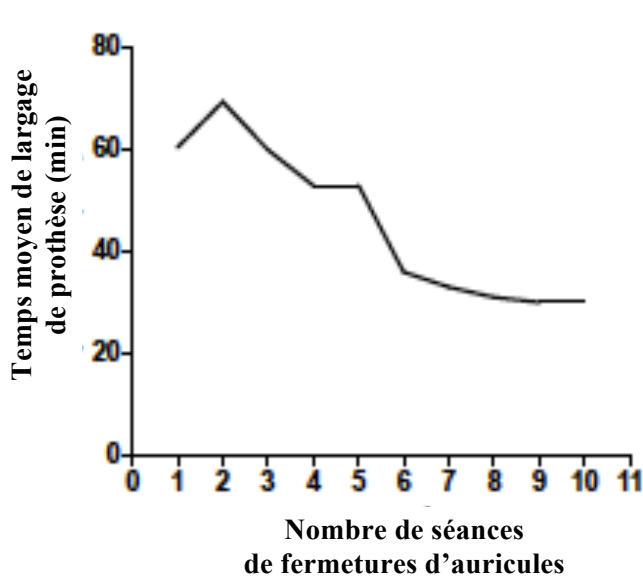
18. Hanger, H. C., Wilkinson, T. J., Fayed-Iskander, N. & Sainsbury, R. The risk of recurrent stroke after intracerebral haemorrhage. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* **78**, 836–840 (2007).
19. Pasquini, M. *et al.* Variation in restarting antithrombotic drugs at hospital discharge after intracerebral hemorrhage. *Stroke J. Cereb. Circ.* **45**, 2643–2648 (2014).
20. Izumihara, A., Suzuki, M. & Ishihara, T. Recurrence and extension of lobar hemorrhage related to cerebral amyloid angiopathy: multivariate analysis of clinical risk factors. *Surg. Neurol.* **64**, 160–164; discussion 164 (2005).
21. Huhtakangas, J. *et al.* Predictors for recurrent primary intracerebral hemorrhage: a retrospective population-based study. *Stroke J. Cereb. Circ.* **44**, 585–590 (2013).
22. Azarpazhooh, M. R. *et al.* Patterns of stroke recurrence according to subtype of first stroke event: the North East Melbourne Stroke Incidence Study (NEMESIS). *Int. J. Stroke Off. J. Int. Stroke Soc.* **3**, 158–164 (2008).
23. Hemphill, J. C. *et al.* Guidelines for the Management of Spontaneous Intracerebral Hemorrhage: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke J. Cereb. Circ.* (2015). doi:10.1161/STR.0000000000000069
24. Eckman, M. H., Rosand, J., Knudsen, K. A., Singer, D. E. & Greenberg, S. M. Can patients be anticoagulated after intracerebral hemorrhage? A decision analysis. *Stroke J. Cereb. Circ.* **34**, 1710–1716 (2003).
25. Paciaroni, M. & Agnelli, G. Should oral anticoagulants be restarted after warfarin-associated cerebral haemorrhage in patients with atrial fibrillation? *Thromb. Haemost.* **111**, 14–18 (2014).
26. Blackshear, J. L. & Odell, J. A. Appendage obliteration to reduce stroke in cardiac surgical patients with atrial fibrillation. *Ann. Thorac. Surg.* **61**, 755–759 (1996).
27. Odell, J. A. *et al.* Thoracoscopic obliteration of the left atrial appendage: potential for stroke reduction? *Ann. Thorac. Surg.* **61**, 565–569 (1996).
28. Katz, E. S. *et al.* Surgical left atrial appendage ligation is frequently incomplete: a transesophageal echocardiographic study. *J. Am. Coll. Cardiol.* **36**, 468–471 (2000).
29. Kanderian, A. S., Gillinov, A. M., Pettersson, G. B., Blackstone, E. & Klein, A. L. Success of surgical left atrial appendage closure: assessment by transesophageal echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* **52**, 924–929 (2008).
30. Fuster, V. *et al.* 2011 ACCF/AHA/HRS focused updates incorporated into the ACC/AHA/ESC 2006 Guidelines for the management of patients with atrial fibrillation: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines developed in partnership with the European Society of Cardiology and in collaboration with the European Heart Rhythm Association and the Heart Rhythm Society. *J. Am. Coll. Cardiol.* **57**, e101–198 (2011).
31. American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines *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**, e84–231 (2006).
32. Whitlock, R. *et al.* Rationale and design of the Left Atrial Appendage Occlusion Study (LAAOS) III. *Ann. Cardiothorac. Surg.* **3**, 45–54 (2014).

33. Holmes, D. R. *et al.* Percutaneous closure of the left atrial appendage versus warfarin therapy for prevention of stroke in patients with atrial fibrillation: a randomised non-inferiority trial. *Lancet* **374**, 534–542 (2009).
34. Bajaj, N. S. *et al.* Percutaneous left atrial appendage occlusion for stroke prophylaxis in nonvalvular atrial fibrillation: a systematic review and analysis of observational studies. *JACC Cardiovasc. Interv.* **7**, 296–304 (2014).
35. Reddy, V. Y. *et al.* Percutaneous left atrial appendage closure vs warfarin for atrial fibrillation: a randomized clinical trial. *JAMA* **312**, 1988–1998 (2014).
36. Reddy, V. Y. *et al.* Left Atrial Appendage Closure With the Watchman Device in Patients With a Contraindication for Oral Anticoagulation: The ASAP Study (ASA Plavix Feasibility Study With Watchman Left Atrial Appendage Closure Technology). *J. Am. Coll. Cardiol.* **61**, 2551–2556 (2013).
37. Guérios, E. E. *et al.* Left atrial appendage closure with the Amplatzer cardiac plug in patients with atrial fibrillation. *Arq. Bras. Cardiol.* **98**, 528–536 (2012).
38. Nietlispach, F. *et al.* Amplatzer left atrial appendage occlusion: single center 10-year experience. *Catheter. Cardiovasc. Interv. Off. J. Soc. Card. Angiogr. Interv.* **82**, 283–289 (2013).
39. Park, J.-W. *et al.* Left atrial appendage closure with Amplatzer cardiac plug in atrial fibrillation: initial European experience. *Catheter. Cardiovasc. Interv. Off. J. Soc. Card. Angiogr. Interv.* **77**, 700–706 (2011).
40. Reddy, V. Y., Holmes, D., Doshi, S. K., Neuzil, P. & Kar, S. Safety of percutaneous left atrial appendage closure: results from the Watchman Left Atrial Appendage System for Embolic Protection in Patients with AF (PROTECT AF) clinical trial and the Continued Access Registry. *Circulation* **123**, 417–424 (2011).
41. Möbius-Winkler, S. *et al.* Percutaneous left atrial appendage closure: Technical aspects and prevention of periprocedural complications with the watchman device. *World J. Cardiol.* **7**, 65–75 (2015).
42. Cabrera, J. A., Saremi, F. & Sánchez-Quintana, D. Left atrial appendage: anatomy and imaging landmarks pertinent to percutaneous transcatheter occlusion. *Heart Br. Card. Soc.* **100**, 1636–1650 (2014).
43. Haute autorité de santé. Evaluation de l'occlusion de l'appendice auriculaire gauche par voie transcutanée. (2014). at [http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2014-09/rapport\\_occlusion\\_transcutanee\\_aag\\_2014-09-18\\_11-44-33\\_990.pdf](http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2014-09/rapport_occlusion_transcutanee_aag_2014-09-18_11-44-33_990.pdf)
44. Meier, B. *et al.* EHRA/EAPCI expert consensus statement on catheter-based left atrial appendage occlusion. *Eur. Eur. Pacing Arrhythm. Card. Electrophysiol. J. Work. Groups Card. Pacing Arrhythm. Card. Cell. Electrophysiol. Eur. Soc. Cardiol.* **16**, 1397–1416 (2014).
45. Sadler, Langman. in (Pradel, 8e édition).
46. Su, P., McCarthy, K. P. & Ho, S. Y. Occluding the left atrial appendage: anatomical considerations. *Heart Br. Card. Soc.* **94**, 1166–1170 (2008).
47. Veinot, J. P. *et al.* Anatomy of the normal left atrial appendage: a quantitative study of age-related changes in 500 autopsy hearts: implications for echocardiographic examination. *Circulation* **96**, 3112–3115 (1997).
48. Stöllberger, C., Schneider, B. & Finsterer, J. Elimination of the left atrial appendage to prevent stroke or embolism? Anatomic, physiologic, and pathophysiologic considerations. *Chest* **124**, 2356–2362 (2003).
49. Heist, E. K. *et al.* Analysis of the left atrial appendage by magnetic resonance angiography in patients with atrial fibrillation. *Heart Rhythm Off. J. Heart Rhythm Soc.* **3**, 1313–1318 (2006).

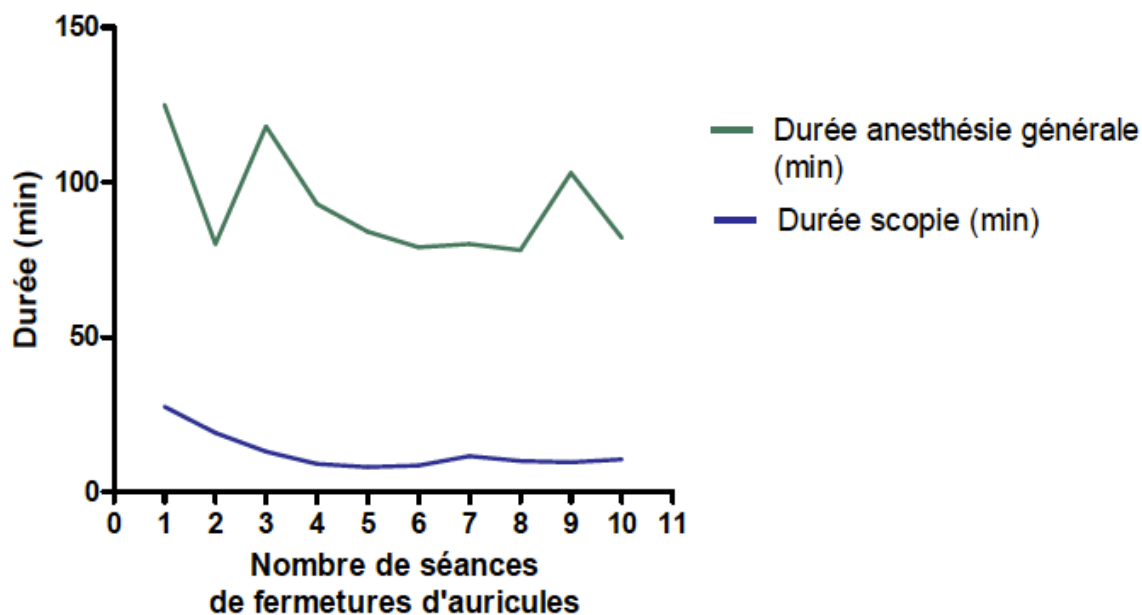
50. Di Biase, L. *et al.* Does the left atrial appendage morphology correlate with the risk of stroke in patients with atrial fibrillation? Results from a multicenter study. *J. Am. Coll. Cardiol.* **60**, 531–538 (2012).
51. Transesophageal echocardiographic correlates of thromboembolism in high-risk patients with nonvalvular atrial fibrillation. The Stroke Prevention in Atrial Fibrillation Investigators Committee on Echocardiography. *Ann. Intern. Med.* **128**, 639–647 (1998).
52. Agmon, Y., Khandheria, B. K., Gentile, F. & Seward, J. B. Echocardiographic assessment of the left atrial appendage. *J. Am. Coll. Cardiol.* **34**, 1867–1877 (1999).
53. Kappagoda, C. T., Linden, R. J. & Saunders, D. A. The effect on heart rate of distending the atrial appendages in the dog. *J. Physiol.* **225**, 705–719 (1972).
54. Zimmerman, M. B., Blaine, E. H. & Stricker, E. M. Water intake in hypovolemic sheep: effects of crushing the left atrial appendage. *Science* **211**, 489–491 (1981).
55. Hoit, B. D. *et al.* Altered left atrial compliance after atrial appendectomy. Influence on left atrial and ventricular filling. *Circ. Res.* **72**, 167–175 (1993).
56. Tabata, T. *et al.* Role of left atrial appendage in left atrial reservoir function as evaluated by left atrial appendage clamping during cardiac surgery. *Am. J. Cardiol.* **81**, 327–332 (1998).
57. Al-Saady, N., Obel, O. & Camm, A. Left atrial appendage: structure, function, and role in thromboembolism. *Heart* **82**, 547–554 (1999).
58. Rodeheffer, R. J. *et al.* Molecular forms of atrial natriuretic factor in normal and failing human myocardium. *Circulation* **88**, 364–371 (1993).
59. Chapeau, C. *et al.* Localization of immunoreactive synthetic atrial natriuretic factor (ANF) in the heart of various animal species. *J. Histochem. Cytochem. Off. J. Histochem. Soc.* **33**, 541–550 (1985).
60. Nucifora, G. *et al.* Evaluation of the left atrial appendage with real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography: implications for catheter-based left atrial appendage closure. *Circ. Cardiovasc. Imaging* **4**, 514–523 (2011).
61. O’Brien, J. *et al.* Three-dimensional assessment of left atrial appendage orifice geometry and potential implications for device closure. *Int. J. Cardiovasc. Imaging* **30**, 819–823 (2014).
62. Watson, T., Shantsila, E. & Lip, G. Y. H. Mechanisms of thrombogenesis in atrial fibrillation: Virchow’s triad revisited. *Lancet* **373**, 155–166 (2009).
63. Goldman, M. E. *et al.* Pathophysiologic correlates of thromboembolism in nonvalvular atrial fibrillation: I. Reduced flow velocity in the left atrial appendage (The Stroke Prevention in Atrial Fibrillation [SPAF-III] study). *J. Am. Soc. Echocardiogr. Off. Publ. Am. Soc. Echocardiogr.* **12**, 1080–1087 (1999).
64. Neuzner, J. *et al.* Left atrial appendage closure with the Amplatzer™ Cardiac Plug: Rationale for a higher degree of device oversizing at implantation. *Cardiol. J.* (2014). doi:10.5603/CJ.a2014.0063
65. Aminian, A. *et al.* Embolization of left atrial appendage closure devices: A systematic review of cases reported with the watchman device and the amplatzer cardiac plug. *Catheter. Cardiovasc. Interv. Off. J. Soc. Card. Angiogr. Interv.* (2015). doi:10.1002/ccd.25891
66. Kar, S. *et al.* Impact of Watchman and Amplatzer devices on left atrial appendage adjacent structures and healing response in a canine model. *JACC Cardiovasc. Interv.* **7**, 801–809 (2014).
67. Nakajima, H. *et al.* Analysis of the left atrial appendage by three-dimensional transesophageal echocardiography. *Am. J. Cardiol.* **106**, 885–892 (2010).

68. Wang, Y. *et al.* Left atrial appendage studied by computed tomography to help planning for appendage closure device placement. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* **21**, 973–982 (2010).
69. Krishnaswamy, A. *et al.* Planning left atrial appendage occlusion using cardiac multidetector computed tomography. *Int. J. Cardiol.* **158**, 313–317 (2012).
70. Budge, L. P. *et al.* Analysis of in vivo left atrial appendage morphology in patients with atrial fibrillation: a direct comparison of transesophageal echocardiography, planar cardiac CT, and segmented three-dimensional cardiac CT. *J. Interv. Card. Electrophysiol. Int. J. Arrhythm. Pacing* **23**, 87–93 (2008).
71. Kurra, V. *et al.* Pre-procedural imaging of aortic root orientation and dimensions: comparison between X-ray angiographic planar imaging and 3-dimensional multidetector row computed tomography. *JACC Cardiovasc. Interv.* **3**, 105–113 (2010).
72. Matsuo, Y. *et al.* Interventional closure of the left atrial appendage for stroke prevention. *Circ. J. Off. J. Jpn. Circ. Soc.* **78**, 619–624 (2014).
73. López-Mínguez, J. R. *et al.* Comparison of imaging techniques to assess appendage anatomy and measurements for left atrial appendage closure device selection. *J. Invasive Cardiol.* **26**, (2014).
74. Schultz, C. J. *et al.* Three dimensional evaluation of the aortic annulus using multislice computer tomography: are manufacturer's guidelines for sizing for percutaneous aortic valve replacement helpful? *Eur. Heart J.* **31**, 849–856 (2010).
75. Delgado, V. *et al.* Transcatheter aortic valve implantation: role of multi-detector row computed tomography to evaluate prosthesis positioning and deployment in relation to valve function. *Eur. Heart J.* **31**, 1114–1123 (2010).
76. Gurvitch, R. *et al.* Aortic annulus diameter determination by multidetector computed tomography: reproducibility, applicability, and implications for transcatheter aortic valve implantation. *JACC Cardiovasc. Interv.* **4**, 1235–1245 (2011).
77. Tops, L. F. *et al.* Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography implications for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc. Imaging* **1**, 321–330 (2008).
78. Dementhon, J. *et al.* A novel contribution towards coherent and reproducible intravalvular measurement of the aortic annulus by multidetector computed tomography ahead of transcatheter aortic valve implantation. *Arch. Cardiovasc. Dis.* **108**, 281–292 (2015).
79. Shah, S. J. *et al.* Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography of the left atrial appendage: initial experience in the clinical setting. *J. Am. Soc. Echocardiogr. Off. Publ. Am. Soc. Echocardiogr.* **21**, 1362–1368 (2008).
80. Kim, Y. Y. *et al.* Left atrial appendage filling defects identified by multidetector computed tomography in patients undergoing radiofrequency pulmonary vein antral isolation: a comparison with transesophageal echocardiography. *Am. Heart J.* **154**, 1199–1205 (2007).
81. Patel, A. *et al.* Multidetector row computed tomography for identification of left atrial appendage filling defects in patients undergoing pulmonary vein isolation for treatment of atrial fibrillation: comparison with transesophageal echocardiography. *Heart Rhythm Off. J. Heart Rhythm Soc.* **5**, 253–260 (2008).
82. Romero, J., Cao, J. J., Garcia, M. J. & Taub, C. C. Cardiac imaging for assessment of left atrial appendage stasis and thrombosis. *Nat. Rev. Cardiol.* **11**, 470–480 (2014).
83. Manning, W. J. *et al.* Accuracy of transesophageal echocardiography for identifying left atrial thrombi. A prospective, intraoperative study. *Ann. Intern. Med.* **123**, 817–822 (1995).
84. Pollick, C. & Taylor, D. Assessment of left atrial appendage function by transesophageal echocardiography. Implications for the development of thrombus. *Circulation* **84**, 223–231 (1991).

# **ANNEXES**



**Annexe 1.** Evolution selon le nombre de séances de FPAG du temps moyen de largage de prothèse (à gauche) et quantité moyenne de produit de contraste iodé injecté (à droite).



**Annexe 2.** Evolution de durée d'anesthésie générale et de scopie selon le nombre de séances de FPAG.

<b>n=4</b>	<b>75% intervalle RR</b>	<b>40% intervalle RR</b>	<b>0% intervalle RR</b>	<b>p</b>
<b>Aire moyenne (mm<sup>2</sup>)</b>	272 ± 93	280 ± 94	232 ± 93	ns
<b>Dmax moyen (mm)</b>	22,4 ± 2,8	23 ± 3,3	21,5 ± 3,5	ns
<b>Indice d'excentricité moyen</b>	0,32 ± 0,13	0,27 ± 0,09	0,37 ± 0,06	ns
<b>Profondeur moyenne (mm)</b>	27,7	27,9	-	ns

**Annexe 3.** Mesures selon phases du cycle cardiaque dans notre étude.

## **MAHE Julie : Etude de la place du scanner dans la procédure de fermeture percutanée de l'auricule gauche.**

Th. Méd : Lyon 2015 n° 134

90 pages, 23 figures, 16 tableaux, 3 annexes

---

### **RESUME :**

**Introduction :** L'estimation précise de la taille de l'auricule gauche est une étape primordiale pour le succès de la procédure et la limitation des manœuvres ou des changements de prothèse, facteurs de risque de complication. Les méthodes de mesure bidimensionnelles peuvent sous-estimer la taille de l'orifice auriculaire gauche. Le but de notre étude était de comparer les mesures effectuées au scanner à celles effectuées en échographie transoesophagienne 2D, et évaluer la place du scanner dans le choix de la taille de prothèse.

**Matériels et méthodes :** Vingt-sept patients ont bénéficié d'une fermeture percutanée d'auricule gauche par prothèse Watchman™ à l'Hôpital Louis Pradel (HCL, Bron) entre décembre 2013 et mai 2015. Un angioscanner avec reconstruction multiplanaire a été effectué chez 24 d'entre eux avant la procédure. Nous avons comparé les mesures scannographiques de l'ostium de l'auricule gauche aux mesures effectuées en échographie transoesophagienne (ETO) 2D per-procédure. Nous avons rétrospectivement évalué la capacité de chaque méthode de mesure à déterminer la taille de prothèse la plus appropriée.

**Résultats :** Les mesures du diamètre maximal de l'ostium de l'auricule gauche étaient significativement plus élevées au scanner qu'en échographie transoesophagienne avec des moyennes respectives de  $26,6 \pm 3,7$  mm versus  $20,3 \pm 3,3$  mm ( $p < 0,001$ ), et une différence moyenne de  $6,3 \pm 3$  mm, IC<sub>95%</sub> (0,4 ; 12,2). Les mesures scannographiques étaient reproductibles (coefficients de corrélation supérieurs à 0,9 pour la variabilité intra-observateur, et égaux à 0,86 pour la variabilité inter-observateurs). Le choix de la taille prothèse à l'aide du diamètre moyen déduit de l'aire mesurée au scanner était la méthode la plus fiable, en comparaison avec l'ETO (63% de réussite versus 29%,  $p < 0,05$ ), avec une sous-estimation par l'ETO dans 66% des cas.

**Conclusion :** Le diamètre moyen de l'orifice auriculaire gauche mesuré au scanner avec reconstruction multiplanaire est une méthode cohérente, fiable, et reproductible permettant un choix de taille de prothèse plus approprié qu'avec l'ETO avant une fermeture percutanée de l'auricule gauche par prothèse Watchman™. Ces résultats nous incitent à associer le scanner aux méthodes de mesures actuellement existantes afin d'optimiser la procédure.

---

### **MOTS CLES :**

Fibrillation atriale  
Fermeture percutanée d'auricule gauche  
Scanner

---

### **JURY :**

Président : Monsieur le Professeur Gérard Finet  
Membres : Monsieur le Professeur Norbert Nighoghossian  
Monsieur le Professeur Gilles Rioufol : Directeur de thèse  
Madame le Docteur Hélène Thibault  
Monsieur le Docteur Roland Rossi


---

**DATE DE SOUTENANCE :** 29 juin 2015

---

**ADRESSE DE L'AUTEUR :** 11, rue du Docteur Rebatel 69003 LYON  
julie.mahe4@gmail.com



 06 01 99 75 70

[contact@imprimerie-mazenod.com](mailto:contact@imprimerie-mazenod.com)

[www.thesesmazenod.fr](http://www.thesesmazenod.fr)