



HAL
open science

Correction de l'astigmatisme lors de la chirurgie de la cataracte : comparaison des kératotomies arciformes intrastromales par laser femtoseconde et de l'implantation torique intraoculaire

Clémentine Guis

► **To cite this version:**

Clémentine Guis. Correction de l'astigmatisme lors de la chirurgie de la cataracte : comparaison des kératotomies arciformes intrastromales par laser femtoseconde et de l'implantation torique intraoculaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. dumas-01887120

HAL Id: dumas-01887120

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01887120>

Submitted on 3 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**Correction de l'astigmatisme lors de la chirurgie de la cataracte :
comparaison des kératotomies arciformes intrastromales par laser
femtoseconde et de l'implantation torique intraoculaire.**

T H È S E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 18 Octobre 2017

Par Madame Clémentine GUIIS

Née le 12 mars 1988 à Marseille (13)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. d' OPHTALMOLOGIE

Membres du Jury de la Thèse :

Monsieur le Professeur HOFFART Louis

Madame le Professeur DENIS Danièle

Monsieur le Professeur MATONTI Frédéric

Madame le Docteur GRANGET Emilie

Président

Assesseur

Assesseur

Directeur



**Correction de l'astigmatisme lors de la chirurgie de la cataracte :
comparaison des kératotomies arciformes intrastromales par laser
femtoseconde et de l'implantation torique intraoculaire.**

T H È S E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 18 Octobre 2017

Par Madame Clémentine GUIIS

Née le 12 mars 1988 à Marseille (13)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. d' OPHTALMOLOGIE

Membres du Jury de la Thèse :

Monsieur le Professeur HOFFART Louis

Madame le Professeur DENIS Danièle

Monsieur le Professeur MATONTI Frédéric

Madame le Docteur GRANGET Emilie

Président

Assesseur

Assesseur

Directeur

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

Président : Yvon BERLAND

FACULTE DE MEDECINE

Doyen : Georges LEONETTI

Vice-Doyen aux Affaires Générales : Patrick DESSI

Vice-Doyen aux Professions Paramédicales : Philippe BERBIS

Assesseurs :

- * aux Etudes : Jean-Michel VITON
- * à la Recherche : Jean-Louis MEGE
- * aux Prospectives Hospitalo-Universitaires : Frédéric COLLART
- * aux Enseignements Hospitaliers : Patrick VILLANI
- * à l'Unité Mixte de Formation Continue en Santé : Fabrice BARLESI
- * pour le Secteur Nord : Stéphane BERDAH
- * aux centres hospitaliers non universitaire : Jean-Noël ARGENSON

Chargés de mission :

- * 1^{er} cycle : Jean-Marc DURAND et Marc BARTHET
- * 2^{ème} cycle : Marie-Aleth RICHARD
- * 3^{ème} cycle DES/DESC : Pierre-Edouard FOURNIER
- * Licences-Masters-Doctorat : Pascal ADALIAN
- * DU-DIU : Véronique VITTON
- * Stages Hospitaliers : Franck THUNY
- * Sciences Humaines et Sociales : Pierre LE COZ
- * Préparation à l'ECN : Aurélie DAUMAS
- * Démographie Médicale et Filiarisation : Roland SAMBUC
- * Relations Internationales : Philippe PAROLA
- * Etudiants : Arthur ESQUER

Responsable administratif :

- * Déborah ROCCHICCIOLI

Chefs de service :

- * Communication : Laetitia DELOUIS
- * Examens : Marie-Thérèse ZAMMIT
- * Intérieur : Joëlle FAVREGA
- * Maintenance : Philippe KOCK
- * Scolarité : Christine GAUTHIER

DOYENS HONORAIRES

M. Yvon BERLAND
M. André ALI CHERIF
M. Jean-François PELLISSIER

PROFESSEURS HONORAIRES

MM	AGOSTINI Serge	MM	GALLAIS Hervé
	ALDIGHIERI René		GAMERRE Marc
	ALLIEZ Bernard		GARCIN Michel
	AQUARON Robert		GARNIER Jean-Marc
	ARGEME Maxime		GAUTHIER André
	ASSADOURIAN Robert		GERARD Raymond
	AUTILLO-TOUATI Amapola		GEROLAMI-SANTANDREA André
	BAILLE Yves		GIUDICELLI Roger
	BARDOT Jacques		GIUDICELLI Sébastien
	BARDOT André		GOUDARD Alain
	BERARD Pierre		GOUIN François
	BERGOIN Maurice		GRISOLI François
	BERNARD Dominique		GROULIER Pierre
	BERNARD Jean-Louis		HADIDA/SAYAG Jacqueline
	BERNARD Pierre-Marie		HASSOUN Jacques
	BERTRAND Edmond		HEIM Marc
	BISSET Jean-Pierre		HOUEL Jean
	BLANC Bernard		HUGUET Jean-François
	BLANC Jean-Louis		JAQUET Philippe
	BOLLINI Gérard		JAMMES Yves
	BONGRAND Pierre		JOUBE Paulette
	BONNEAU Henri		JUHAN Claude
	BONNOIT Jean		JUIN Pierre
	BORY Michel		KAPHAN Gérard
	BOURGEADE Augustin		KASBARIAN Michel
	BOUVENOT Gilles		KLEISBAUER Jean-Pierre
	BOUYALA Jean-Marie		LACHARD Jean
	BREMOND Georges		LAFFARGUE Pierre
	BRICOT René		LEVY Samuel
	BRUNET Christian		LOUCHET Edmond
	BUREAU Henri		LOUIS René
	CAMBOULIVES Jean		LUCIANI Jean-Marie
	CANNONI Maurice		MAGALON Guy
	CARTOUZOU Guy		MAGNAN Jacques
	CAU Pierre		MALLAN- MANCINI Josette
	CHAMLIAN Albert		MALMEJAC Claude
	CHARREL Michel		MATTEI Jean François
	CHOUX Maurice		MERCIER Claude
	CIANFARANI François		METGE Paul
	CLEMENT Robert		MICHOTEY Georges
	COMBALBERT André		MILLET Yves
	CONTE-DEVOLX Bernard		MIRANDA François
	CORRIOL Jacques		MONFORT Gérard
	COULANGE Christian		MONGES André
	DALMAS Henri		MONGIN Maurice
	DE MICO Philippe		MONTIES Jean-Raoul
	DEVIN Robert		NAZARIAN Serge
	DEVRED Philippe		NICOLI René
	DJIANE Pierre		NOIRCLERC Michel
	DONNET Vincent		OLMER Michel
	DUCASSOU Jacques		OREHEK Jean
	DUFOUR Michel		PAPY Jean-Jacques
	DUMON Henri		PAULIN Raymond
	FARNARIER Georges		PELOUX Yves
	FAVRE Roger		PENAUD Antony

FIECHI Marius
FIGARELLA Jacques
FONTES Michel
FRANCOIS Georges
FUENTES Pierre
GABRIEL Bernard
GALINIER Louis
MM POYEN Danièle
PRIVAT Yvan
QUILICHINI Francis
RANQUE Jacques
RANQUE Philippe
RICHAUD Christian
ROCHAT Hervé
ROHNER Jean-Jacques
ROUX Hubert
ROUX Michel
RUFO Marcel
SAHEL José
SALAMON Georges
SALDUCCI Jacques
SAN MARCO Jean-Louis
SANKALE Marc
SARACCO Jacques
SARLES Jean-Claude
SCHIANO Alain
SCOTTO Jean-Claude
SEBAHOUN Gérard
SERMENT Gérard
SERRATRICE Georges
SOULAYROL René
STAHL André
TAMALET Jacques
TARANGER-CHARPIN Colette
THOMASSIN Jean-Marc
UNAL Daniel
VAGUE Philippe
VAGUE/JUHAN Irène
VANUXEM Paul
VERVLOET Daniel
VIALETES Bernard
VIGOUROUX Robert
WEILLER Pierre-Jean
PENE Pierre
PIANA Lucien
PICAUD Robert
PIGNOL Fernand
POGGI Louis
POITOUT Dominique
PONCET Michel

PROFESSEURS HONORIS CAUSA

1967

MM. les
Professeurs DADI (Italie)
CID DOS SANTOS (Portugal)

1974

MM. les
Professeurs MAC ILWAIN (Grande-Bretagne)
T.A. LAMBO (Suisse)

1975

MM. les
Professeurs O. SWENSON (U.S.A.)
Lord J.WALTON of DETCHANT (Grande-
Bretagne)

1976

MM. les
Professeurs P. FRANCHIMONT (Belgique)
Z.J. BOWERS (U.S.A.)

1977

MM. les
Professeurs C. GAJDUSEK-Prix Nobel (U.S.A.)
C.GIBBS (U.S.A.)
J. DACIE (Grande-Bretagne)

1978

M. le Président F. HOUPHOUET-BOIGNY (Côte d'Ivoire)

1980

MM. les
Professeurs A. MARGULIS (U.S.A.)
R.D. ADAMS (U.S.A.)

1981

MM. les
Professeurs H. RAPPAPORT (U.S.A.)
M. SCHOU (Danemark)
M. AMENT (U.S.A.)
Sir A. HUXLEY (Grande-Bretagne)
S. REFSUM (Norvège)

1982

M. le Professeur W.H. HENDREN (U.S.A.)

1985

MM. les
Professeurs S. MASSRY (U.S.A.)
KLINSMANN (R.D.A.)

1986

MM. les
Professeurs E. MIHICH (U.S.A.)

T. MUNSAT (U.S.A.)
LIANA BOLIS (Suisse)
L.P. ROWLAND (U.S.A.)

1987

M. le Professeur P.J. DYCK (U.S.A.)

1988

MM. les
Professeurs R. BERGUER (U.S.A.)
W.K. ENGEL (U.S.A.)
V. ASKANAS (U.S.A.)
J. WEHSTER KIRKLIN (U.S.A.)
A. DAVIGNON (Canada)
A. BETTARELLO (Brésil)

1989

M. le Professeur P. MUSTACCHI (U.S.A.)

1990

MM. les
Professeurs J.G. MC LEOD (Australie)
J. PORTER (U.S.A.)

1991

MM. les
Professeurs J. Edward MC DADE (U.S.A.)
W. BURGDORFER (U.S.A.)

1992

MM. les
Professeurs H.G. SCHWARZACHER (Autriche)
D. CARSON (U.S.A.)
T. YAMAMURO (Japon)

1994

MM. les
Professeurs G. KARPATI (Canada)
W.J. KOLFF (U.S.A.)

1995

MM. les
Professeurs D. WALKER (U.S.A.)
M. MULLER (Suisse)
V. BONOMINI (Italie)

1997

MM. les
Professeurs C. DINARELLO (U.S.A.)
D. STULBERG (U.S.A.)
A. MEIKLE DAVISON (Grande-Bretagne)
P.I. BRANEMARK (Suède)

1998

MM. les
Professeurs O. JARDETSKY (U.S.A.)

1999

MM. les
Professeurs

J. BOTELLA LLUSIA (Espagne)
D. COLLEN (Belgique)
S. DIMAURO (U. S. A.)

2000

MM. les
Professeurs

D. SPIEGEL (U. S. A.)
C. R. CONTI (U.S.A.)

2001

MM. les
Professeurs

P-B. BENNET (U. S. A.)
G. HUGUES (Grande Bretagne)
J-J. O'CONNOR (Grande Bretagne)

2002

MM. les
Professeurs

M. ABEDI (Canada)
K. DAI (Chine)

2003

M. le Professeur
Sir

T. MARRIE (Canada)
G.K. RADDA (Grande Bretagne)

2004

M. le Professeur

M. DAKE (U.S.A.)

2005

M. le Professeur

L. CAVALLI-SFORZA (U.S.A.)

2006

M. le Professeur

A. R. CASTANEDA (U.S.A.)

2007

M. le Professeur

S. KAUFMANN (Allemagne)

EMERITAT

2013

M. le Professeur	BRANCHEREAU Alain	31/08/2016
M. le Professeur	CARAYON Pierre	31/08/2016
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2016
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2016
M. le Professeur	HENRY Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	LE GUICHAOUA Marie-Roberte	31/08/2016
M. le Professeur	RUFO Marcel	31/08/2016
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2016

2014

M. le Professeur	FUENTES Pierre	31/08/2017
M. le Professeur	GAMERRE Marc	31/08/2017
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2017
M. le Professeur	PERAGUT Jean-Claude	31/08/2017
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2017

2015

M. le Professeur	COULANGE Christian	31/08/2018
M. le Professeur	COURAND François	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2016
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2016
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2016

2016

M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2017
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2019
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2017
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2017
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2019
M. le Professeur	JAMMES Yves	31/08/2019
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2017
M. le Professeur	POITOUT Dominique	31/08/2019
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2017
M. le Professeur	VIALETTES Bernard	31/08/2019

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert	CHARPIN Denis Surnombre	GORINCOUR Guillaume
ALBANESE Jacques	CHAUMOITRE Kathia	GRANEL/REY Brigitte
ALESSANDRINI Pierre		
Surnombre	CHAUVEL Patrick Surnombre	GRILLO Jean-Marie Surnombre
ALIMI Yves	CHINOT Olivier	GRIMAUD Jean-Charles
AMABILE Philippe	CHOSSEGROS Cyrille	GROB Jean-Jacques
AMBROSI Pierre	CLAVERIE Jean-Michel Surnombre	GUEDJ Eric
ARGENSON Jean-Noël	COLLART Frédéric	GUIEU Régis
ASTOUL Philippe	COSTELLO Régis	GUIS Sandrine
ATTARIAN Shahram	COURBIERE Blandine	GUYE Maxime
AUDOUIN Bertrand	COWEN Didier	GUYOT Laurent
AUFFRAY Jean-Pierre		
Surnombre	CRAVELLO Ludovic	GUYS Jean-Michel
AUQUIER Pascal	CUISSET Thomas	HABIB Gilbert
AVIERINOS Jean-François	CURVALE Georges	HARDWIGSEN Jean
AZORIN Jean-Michel	DA FONSECA David	HARLE Jean-Robert
AZULAY Jean-Philippe	DAHAN-ALCARAZ Laetitia	HOFFART Louis
BAILLY Daniel	DANIEL Laurent	HOUVENAEGHEL Gilles
BARLESI Fabrice	DARMON Patrice	JACQUIER Alexis
BARLIER-SETTI Anne	D'ERCOLE Claude	JOLIVET/BADIER Monique
BARTHET Marc	D'JOURNO Xavier	JOUVE Jean-Luc
BARTOLI Jean-Michel	DEHARO Jean-Claude	KAPLANSKI Gilles
BARTOLI Michel	DELARQUE Alain	KARSENTY Gilles
BARTOLIN Robert Surnombre	DELPERO Jean-Robert	KERBAUL François
BARTOLOMEI Fabrice	DENIS Danièle	LAFFORGUE Pierre
BASTIDE Cyrille	DESSEIN Alain Surnombre	LANCON Christophe
BENSOUSSAN Laurent	DESSI Patrick	LA SCOLA Bernard
BERBIS Philippe	DISDIER Patrick	LAUGIER René
BERDAH Stéphane	DODDOLI Christophe	LAUNAY Franck
BERLAND Yvon	DRANCOURT Michel	LAVIEILLE Jean-Pierre
BERNARD Jean-Paul	DUBUS Jean-Christophe	LE CORROLLER Thomas
		LE TREUT Yves-Patrice
BEROUD Christophe	DUFFAUD Florence	Surnombre
BERTUCCI François	DUFOUR Henry	LECHEVALLIER Eric
BLAISE Didier	DURAND Jean-Marc	LEGRE Régis
		LEHUCHER-MICHEL Marie-
BLIN Olivier	DUSSOL Bertrand	Pascale
BLONDEL Benjamin	ENJALBERT Alain	LEONE Marc
BONIN/GUILLAUME Sylvie	EUSEBIO Alexandre	LEONETTI Georges
BONELLO Laurent	FAKHRY Nicolas	LEPIDI Hubert
BONNET Jean-Louis	FAUGERE Gérard	LEVY Nicolas
BOTTA Alain Surnombre	FELICIAN Olivier	MACE Loïc
BOTTA/FRIDLUND Danièle	FENOLLAR Florence	MAGNAN Pierre-Edouard
		MARANINCHI Dominique
BOUBLI Léon	FIGARELLA/BRANGER Dominique	Surnombre
BOYER Laurent	FLECHER Xavier	MARTIN Claude Surnombre
BREGEON Fabienne	FOURNIER Pierre-Edouard	MATONTI Frédéric
BRETELLE Florence	FRAISSE Alain Disponibilité	MEGE Jean-Louis
BROUQUI Philippe	FRANCES Yves Surnombre	MERROT Thierry
		METZLER/GUILLEMAIN
BRUDER Nicolas	FRANCESCHI Frédéric	Catherine
BRUE Thierry	FUENTES Stéphane	MEYER/DUTOUR Anne
BRUNET Philippe	GABERT Jean	MICCALEF/ROLL Joëlle
BURTEY Stéphane	GAINNIER Marc	MICHEL Fabrice

CARCOPINO-TUSOLI Xavier
CASANOVA Dominique
CASTINETTI Frédéric
CECCALDI Mathieu
CHABOT Jean-Michel
CHAGNAUD Christophe
CHAMBOST Hervé
CHAMPSAUR Pierre
CHANEZ Pascal
CHARAFFE-JAUFFRET
Emmanuelle
CHARREL Rémi

CHIARONI Jacques
NICOLLAS Richard
OLIVE Daniel
OUAFIK L'Houcine
PAGANELLI Franck
PANUEL Michel
PAPAZIAN Laurent
PAROLA Philippe
PARRATTE Sébastien
PAUT Olivier
PELLISSIER-ALICOT Anne-Laure
PELLETIER Jean
PETIT Philippe
PHAM Thao
PIARROUX Renaud
PIERCECCHI/MARTI Marie-
Dominique
PIQUET Philippe
PIRRO Nicolas
POINSO François
POUGET Jean Surnombre
RACCAH Denis
RAOULT Didier
REGIS Jean
REYNAUD/GAUBERT Martine

GARCIA Stéphane
GARIBOLDI Vlad
GAUDART Jean
GENTILE Stéphanie
GERBEAUX Patrick
GEROLAMI/SANTANDREA René
GILBERT/ALESSI Marie-Christine
GIORGI Roch
GIOVANNI Antoine

GIRARD Nadine
GIRAUD/CHABROL Brigitte

GONCALVES Anthony
REYNAUD Rachel
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth
RIDINGS Bernard Surnombre
ROCHE Pierre-Hugues
ROCH Antoine
ROCHWERGER Richard
ROLL Patrice
ROSSI Dominique
ROSSI Pascal
ROUDIER Jean
SALAS Sébastien
SAMBUC Roland
SARLES Jacques
SARLES/PHILIP Nicole

SASTRE Bernard Surnombre
SCAVARDA Didier
SCHLEINITZ Nicolas
SEBAG Frédéric
SEITZ Jean-François
SERRATRICE Jacques
SIELEZNEFF Igor
SIMON Nicolas
STEIN Andréas

MICHEL Gérard
MICHELET Pierre
MILH Mathieu
MOAL Valérie
MONCLA Anne
MORANGE Pierre-Emmanuel
MOULIN Guy
MOUTARDIER Vincent
MUNDLER Olivier

NAUDIN Jean
NICCOLI/SIRE Patricia
NICOLAS DE LAMBALLERIE
Xavier
TAIEB David
THIRION Xavier
THOMAS Pascal
THUNY Franck
TRIGLIA Jean-Michel
TROPIANO Patrick
TSIMARATOS Michel
TURRINI Olivier
VALERO René
VEY Norbert
VIDAL Vincent
VIENS Patrice
VILLANI Patrick
VITON Jean-Michel

VITTON Véronique
VIEHWEGER Heide Elke
VIVIER Eric
XERRI Luc

PROFESSEUR DES UNIVERSITES

ADALIAN Pascal
AGHABABIAN Valérie
BELIN Pascal
CHABANNON Christian
CHABRIERE Eric
FERON François
LE COZ Pierre
LEVASSEUR Anthony
RANJEVA Jean-Philippe
SOBOL Hagay

PROFESSEUR CERTIFIE

BRANDENBURGER Chantal

PRAG

TANTI-HARDOUIN Nicolas

PROFESSEUR ASSOCIE DE MEDECINE GENERALE A MI-TEMPS

FILIPPI Simon

**PROFESSEUR ASSOCIE A TEMPS
PARTIEL**

ALTAVILLA Annagrazia
BURKHART Gary

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITE - PRATICIEN HOSPITALIER

ACHARD Vincent	FABRE Alexandre	MOTTOLA GHIGO Giovanna
ANDRE Nicolas	FOUILLOUX Virginie	NGUYEN PHONG Karine
ANGELAKIS Emmanouil	FRERE Corinne	NINOVE Laetitia
ATLAN Catherine	GABORIT Bénédicte	NOUGAIREDE Antoine
BACCINI Véronique	GASTALDI Marguerite	LOUDIN Claire
BARTHELEMY Pierre	GAUDY/MARQUESTE Caroline	OVAERT Caroline
BARTOLI Christophe	GELSI/BOYER Véronique	PAULMYER/LACROIX Odile
BEGE Thierry	GIUSIANO Bernard	PERRIN Jeanne
BELIARD Sophie	GIUSIANO COURCAMBECK Sophie	RANQUE Stéphane
BERBIS Julie	GOURIET Frédérique	REY Marc
BERGE-LEFRANC Jean-Louis	GRAILLON Thomas	ROBAGLIA/SCHLUPP Andrée
BEYER-BERJOT Laura	GREILLIER Laurent	ROBERT Philippe
BOUCRAUT Joseph	GRISOLI Dominique	SABATIER Renaud
BOULAMERY Audrey	GUIDON Catherine	SARI-MINODIER Irène
BOULLU/CIOCCA Sandrine	HAUTIER/KRAHN Aurélie	SARLON-BARTOLI Gabrielle
BUFFAT Christophe	HRAIECH Sami	SAVEANU Alexandru
CALAS/AILLAUD Marie-Françoise	JOURDE CHICHE Noémie	SECQ Véronique
CAMILLERI Serge	KASPI-PEZZOLI Elise	SOULA Gérard
CARRON Romain	KRAHN Martin	TOGA Caroline
CASSAGNE Carole	L'OLLIVIER Coralie	TOGA Isabelle
CHAUDET Hervé	LABIT-BOUVIER Corinne	TREBUCHON/DA FONSECA Agnès
COZE Carole	LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina	TROUSSE Delphine
DADOUN Frédéric (disponibilité)	LAGIER Aude	VALLI Marc
DALES Jean-Philippe	LAGIER Jean-Christophe	VELLY Lionel
DAUMAS Aurélie	LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude	VELY Frédéric
DEGEORGES/VITTE Joëlle	LEVY/MOZZICONACCI Annie	VION-DURY Jean
DEL VOLGO/GORI Marie-José	LOOSVELD Marie	ZATTARA/CANNONI Hélène
DELLIAUX Stéphane	MANCINI Julien	
DESPLAT/JEGO Sophie	MARY Charles	
DEVEZE Arnaud Disponibilité	MASCAUX Céline	
DUFOUR Jean-Charles	MAUES DE PAULA André	
EBBO Mikael	MILLION Matthieu	

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

ABU ZAINEH Mohammad	DESNUES Benoît	STEINBERG Jean-Guillaume
BARBACARU/PERLES T. A.	LIMERAT/BOUDOURESQUE Françoise	THOLLON Lionel
BERLAND/BENHAIM Caroline	MARANINCHI Marie	THIRION Sylvie
BERAUD/JUVEN Evelyne (retraite octobre 2016)	MERHEJ/CHAUVEAU Vicky	
BOUCAULT/GARROUSTE Françoise	MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte	
BOYER Sylvie	POGGI Marjorie	
DEGIOANNI/SALLE Anna	RUEL Jérôme	

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

GENTILE Gaëtan

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

ADNOT Sébastien
BARGIER Jacques
BONNET Pierre-André
CALVET-MONTREDON Céline
GUIDA Pierre
JANCZEWSKI Aurélie

**MAITRE DE CONFERENCES
ASSOCIE à MI-TEMPS**

REVIS Joana

PROFESSEURS ET MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS
PROFESSEURS ASSOCIES, MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES (mono-appartenants)

ANATOMIE 4201	ANTHROPOLOGIE 20
CHAMPSAUR Pierre (PU-PH) LE CORROLLER Thomas (PU-PH) PIRRO Nicolas (PU-PH)	ADALIAN Pascal (PR) DEGIOANNI/SALLE Anna (MCF)
LAGIER Aude (MCU-PH)	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE 4501
THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)	CHARREL Rémi (PU PH) DRANCOURT Michel (PU-PH) FENOLLAR Florence (PU-PH) FOURNIER Pierre-Edouard (PU-PH)
ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES 4203	NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier (PU-PH) LA SCOLA Bernard (PU-PH) RAOULT Didier (PU-PH)
CHARAFE/JAUFFRET Emmanuelle (PU-PH) DANIEL Laurent (PU-PH) FIGARELLA/BRANGER Dominique (PU-PH) GARCIA Stéphane (PU-PH) XERRI Luc (PU-PH)	ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH) GOURIET Frédérique (MCU-PH) NOUGAIREDE Antoine (MCU-PH) NINOVE Laetitia (MCU-PH)
DALES Jean-Philippe (MCU-PH) GIUSIANO COURCAMBECK Sophie (MCU PH) LABIT/BOUVIER Corinne (MCU-PH) MAUES DE PAULA André (MCU-PH) SECQ Véronique (MCU-PH)	CHABRIERE Eric (PR) (64ème section) LEVASSEUR Anthony (PR) (64ème section) DESNUES Benoit (MCF) (65ème section) MERHEJ/CHAUVEAU Vicky (MCF) (87ème section)
ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE ; MEDECINE URGENCE 4801	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE 4401
ALBANESE Jacques (PU-PH) AUFFRAY Jean-Pierre (PU-PH) Surnombre BRUDER Nicolas (PU-PH) KERBAUL François (PU-PH) LEONE Marc (PU-PH) MARTIN Claude (PU-PH) Surnombre MICHEL Fabrice (PU-PH) MICHELET Pierre (PU-PH) PAUT Olivier (PU-PH)	BARLIER/SETTI Anne (PU-PH) ENJALBERT Alain (PU-PH) GABERT Jean (PU-PH) GUIEU Régis (PU-PH) OUAFIK L'Houcine (PU-PH)
GUIDON Catherine (MCU-PH) VELLY Lionel (MCU-PH)	BUFFAT Christophe (MCU-PH) MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH) SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

ANGLAIS 11	BIOLOGIE CELLULAIRE 4403
-------------------	---------------------------------

BRANDENBURGER Chantal (PRCE)

ROLL Patrice (PU-PH)

BURKHART Gary (PAST)

GASTALDI Marguerite (MCU-PH)

KASPI-PEZZOLI Elise (MCU-PH)

LEVY/MOZZICONNACCI Annie (MCU-PH)

BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT ET DE LA REPRODUCTION ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5405
--

ROBAGLIA/SCHLUPP Andrée (MCU-PH)

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)

PERRIN Jeanne (MCU-PH)

BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE 4301	CARDIOLOGIE 5102
---	-------------------------

GUEDJ Eric (PU-PH)

AVIERINOS Jean-François (PU-PH)

GUYE Maxime (PU-PH)

BONELLO Laurent (PU PH)

MUNDLER Olivier (PU-PH)

BONNET Jean-Louis (PU-PH)

TAIEB David (PU-PH)

CUISSET Thomas (PU-PH)

DEHARO Jean-Claude (PU-PH)

BELIN Pascal (PR) (69ème section)

FRAISSE Alain (PU-PH) Disponibilité

RANJEVA Jean-Philippe (PR) (69ème section)

FRANCESCHI Frédéric (PU-PH)

HABIB Gilbert (PU-PH)

CAMILLERI Serge (MCU-PH)

PAGANELLI Franck (PU-PH)

VION-DURY Jean (MCU-PH)

THUNY Franck (PU-PH)

BARBACARU/PERLES Téodora Adriana (MCF) (69ème section)

CHIRURGIE DIGESTIVE 5202

BERDAH Stéphane (PU-PH)

HARDWIGSEN Jean (PU-PH)

BIOSTATISTIQUES, INFORMATIQUE MEDICALE ET TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION 4604

LE TREUT Yves-Patrice (PU-PH) Surnombre

SASTRE Bernard (PU-PH) Surnombre

SIELEZNEFF Igor (PU-PH)

CLAVERIE Jean-Michel (PU-PH) Surnombre

GAUDART Jean (PU-PH)

GIORGI Roch (PU-PH)

BEYER BERJOT Laura (MCU-PH)

CHAUDET Hervé (MCU-PH)

CHIRURGIE GENERALE 5302

DUFOUR Jean-Charles (MCU-PH)

DELPERO Jean-Robert (PU-PH)

GIUSIANO Bernard (MCU-PH)

MOUTARDIER Vincent (PU-PH)

MANCINI Julien (MCU-PH)

SEBAG Frédéric (PU-PH)

SOULA Gérard (MCU-PH)

TURRINI Olivier (PU-PH)

ABU ZAINEH Mohammad (MCF) (5ème section)

BOYER Sylvie (MCF) (5ème section)

BEGE Thierry (MCU-PH)

CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE 5002

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)
BLONDEL Benjamin (PU-PH)
CURVALE Georges (PU-PH)
FLECHER Xavier (PU PH)
PARRATTE Sébastien (PU-PH)
ROCHWERGER Richard (PU-PH)
TROPIANO Patrick (PU-PH)

CHIRURGIE INFANTILE 5402

ALESSANDRINI Pierre (PU-PH) Surnombre
GUYS Jean-Michel (PU-PH)
JOUVE Jean-Luc (PU-PH)
LAUNAY Franck (PU-PH)
MERROT Thierry (PU-PH)
VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH)

CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE 4702

BERTUCCI François (PU-PH)
CHINOT Olivier (PU-PH)
COWEN Didier (PU-PH)
DUFFAUD Florence (PU-PH)
GONCALVES Anthony PU-PH)
HOUVENAEHGHEL Gilles (PU-PH)
MARANINCHI Dominique (PU-PH) Surnombre
SALAS Sébastien (PU-PH)
VIENS Patrice (PU-PH)
SABATIER Renaud (MCU-PH)

CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE 5503

CHOSSEGROS Cyrille (PU-PH)
GUYOT Laurent (PU-PH)

CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE 5103

COLLART Frédéric (PU-PH)
D'JOURNO Xavier (PU-PH)
DODDOLI Christophe (PU-PH)
GARIBOLDI Vlad (PU-PH)
MACE Loïc (PU-PH)
THOMAS Pascal (PU-PH)

FOUILLOUX Virginie (MCU-PH)
GRISOLI Dominique (MCU-PH)
TROUSSE Delphine (MCU-PH)

**CHIRURGIE PLASTIQUE,
RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛLOGIE 5004**

CASANOVA Dominique (PU-PH)
LEGRE Régis (PU-PH)
HAUTIER/KRAHN Aurélie (MCU-PH)

CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE 5104

ALIMI Yves (PU-PH)
AMABILE Philippe (PU-PH)
BARTOLI Michel (PU-PH)
MAGNAN Pierre-Edouard (PU-PH)
PIQUET Philippe (PU-PH)

SARLON BARTOLI Gabrielle (MCU PH)

GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE 5201

BARTHET Marc (PU-PH)
BERNARD Jean-Paul (PU-PH)
BOTTA-FRIDLUND Danielle (PU-PH)
DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)
GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)
GRIMAUD Jean-Charles (PU-PH)
LAUGIER René (PU-PH)
SEITZ Jean-François (PU-PH)
VITTON Véronique (PU-PH)

HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE 4202

GRILLO Jean-Marie (PU-PH) Surnombre
LEPIDI Hubert (PU-PH)
ACHARD Vincent (MCU-PH)
PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

GENETIQUE 4704**DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE 5003**

BERBIS Philippe (PU-PH)
GROB Jean-Jacques (PU-PH)
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth (PU-PH)

GAUDY/MARQUESTE Caroline (MCU-PH)

BEROUD Christophe (PU-PH)

LEVY Nicolas (PU-PH)
MONCLA Anne (PU-PH)
SARLES/PHILIP Nicole (PU-PH)

KRAHN Martin (MCU-PH)
NGYUEN Karine (MCU-PH)
TOGA Caroline (MCU-PH)

**ENDOCRINOLOGIE ,DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ;
GYNECOLOGIE MEDICALE 5404**

BRUE Thierry (PU-PH)
CASTINETTI Frédéric (PU-PH)
NICCOLI/SIRE Patricia (PU-PH)

ZATTARA/CANNONI Hélène (MCU-PH)

GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5403**EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION 4601**

AUQUIER Pascal (PU-PH)
BOYER Laurent (PU-PH)
CHABOT Jean-Michel (PU-PH)
GENTILE Stéphanie (PU-PH)
SAMBUC Roland (PU-PH)
THIRION Xavier (PU-PH)

BERBIS Julie (MCU-PH)
LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude (MCU-PH)

MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte (MCF)(06ème section)
TANTI-HARDOUIN Nicolas (PRAG)

AGOSTINI Aubert (PU-PH)
BOUBLI Léon (PU-PH)
BRETELLE Florence (PU-PH)
CARCOPINO-TUSOLI Xavier (PU-PH)
COURBIERE Blandine (PU-PH)
CRAVELLO Ludovic (PU-PH)
D'ERCOLE Claude (PU-PH)

IMMUNOLOGIE 4703

KAPLANSKI Gilles (PU-PH)
MEGE Jean-Louis (PU-PH)
OLIVE Daniel (PU-PH)
VIVIER Eric (PU-PH)

FERON François (PR) (69ème section)

BOUCRAUT Joseph (MCU-PH)
DEGEORGES/VITTE Joëlle (MCU-PH)
DESPLAT/JEGO Sophie (MCU-PH)
ROBERT Philippe (MCU-PH)
VELY Frédéric (MCU-PH)

BERAUD/JUVEN Evelyne (MCF) 65ème section) (retraite octobre 2016)

BOUCAULT/GARROUSTE Françoise (MCF) 65ème section)

HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION 4701

BLAISE Didier (PU-PH)
COSTELLO Régis (PU-PH)
CHIARONI Jacques (PU-PH)
GILBERT/ALESSI Marie-Christine (PU-PH)
MORANGE Pierre-Emmanuel (PU-PH)
VEY Norbert (PU-PH)

BACCINI Véronique (MCU-PH)
CALAS/AILLAUD Marie-Françoise (MCU-PH)
FRERE Corinne (MCU-PH)
GELSI/BOYER Véronique (MCU-PH)
LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)
POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE 4603

LEONETTI Georges (PU-PH)
 PELISSIER/ALICOT Anne-Laure (PU-PH)
 PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique (PU-PH)

MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES 4503

BROUQUI Philippe (PU-PH)
 PAROLA Philippe (PU-PH)
 STEIN Andréas (PU-PH)

BARTOLI Christophe (MCU-PH)
 BERLAND/BENHAIM Caroline (MCF) (1ère section)

LAGIER Jean-Christophe (MCU-PH)
 MILLION Matthieu (MCU-PH)

MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION 4905**MEDECINE INTERNE ; GERIATRIE ET BIOLOGIE DU
 VIEILLISSEMENT ; MEDECINE GENERALE ; ADDICTOLOGIE 5301**

BENSOUSSAN Laurent (PU-PH)
 DELARQUE Alain (PU-PH)

BONIN/GUILLAUME Sylvie (PU-PH)
 DISDIER Patrick (PU-PH)
 DURAND Jean-Marc (PU-PH)
 FRANCES Yves (PU-PH) Surnombre
 GRANEL/REY Brigitte (PU-PH)
 HARLE Jean-Robert (PU-PH)
 ROSSI Pascal (PU-PH)
 SCHLEINITZ Nicolas (PU-PH)
 SERRATRICE Jacques (PU-PH) disponibilité
 EBBO Mikael (MCU-PH)

VITON Jean-Michel (PU-PH)

MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL 4602

BOTTA Alain (PU-PH) Surnombre
 LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)
 BERGE-LEFRANC Jean-Louis (MCU-PH)
 SARI/MINODIER Irène (MCU-PH)

GENTILE Gaëtan (MCF Méd. Gén. Temps plein)

NEPHROLOGIE 5203

FILIPPI Simon (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)

BERLAND Yvon (PU-PH)
 BRUNET Philippe (PU-PH)
 BURTEY Stéphanne (PU-PH)
 DUSSOL Bertrand (PU-PH)
 MOAL Valérie (PU-PH)
 JOURDE CHICHE Noémie (MCU PH)

ADNOT Sébastien (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)
 BARGIER Jacques (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)
 BONNET Pierre-André (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)
 CALVET-MONTREDON Céline (MCF associé Méd. Gén. à temps plein)
 GUIDA Pierre (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)

NUTRITION 4404**NEUROCHIRURGIE 4902**

DARMON Patrice (PU-PH)
 RACCAH Denis (PU-PH)
 VALERO René (PU-PH)

DUFOUR Henry (PU-PH)
 FUENTES Stéphane (PU-PH)
 REGIS Jean (PU-PH)
 ROCHE Pierre-Hugues (PU-PH)
 SCAVARDA Didier (PU-PH)

ATLAN Catherine (MCU-PH)
 BELIARD Sophie (MCU-PH)

CARRON Romain (MCU PH)
 GRAILLON Thomas (MCU PH)

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)	NEUROLOGIE 4901
<p>CHABANNON Christian (PR) (66ème section) SOBOL Hagay (PR) (65ème section)</p>	<p>ATTARIAN Sharham (PU PH) AUDOIN Bertrand (PU-PH) AZULAY Jean-Philippe (PU-PH) CECCALDI Mathieu (PU-PH) EUSEBIO Alexandre (PU-PH)</p>
OPHTALMOLOGIE 5502	<p>FELICIAN Olivier (PU-PH) PELLETIER Jean (PU-PH) POUGET Jean (PU-PH) Surnombre</p>
<p>DENIS Danièle (PU-PH) HOFFART Louis (PU-PH) MATONTI Frédéric (PU-PH) RIDINGS Bernard (PU-PH) Surnombre</p>	PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE 4904
OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE 5501	<p>DA FONSECA David (PU-PH) POINSO François (PU-PH)</p>
<p>DESSI Patrick (PU-PH) FAKHRY Nicolas (PU-PH) GIOVANNI Antoine (PU-PH) LAVIELLE Jean-Pierre (PU-PH) NICOLLAS Richard (PU-PH) TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH)</p> <p>DEVEZE Arnaud (MCU-PH) Disponibilité</p> <p>REVIS Joana (MAST) (Orthophonie) (7ème Section)</p> <p>ROMAN Stéphane (Professeur associé des universités mi-temps)</p>	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE - PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE 4803
<p>BOULAMERY Audrey (MCU-PH) VALLI Marc (MCU-PH)</p>	PHILOSOPHIE 17
PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE 4502	<p>LE COZ Pierre (PR) (17ème section)</p> <p>ALTAVILLA Annagrazia (PR Associé à mi-temps)</p>
PEDIATRIE 5401	PHYSIOLOGIE 4402
<p>CHAMBOST Hervé (PU-PH) DUBUS Jean-Christophe (PU-PH) GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH) MICHEL Gérard (PU-PH) MILH Mathieu (PU-PH) REYNAUD Rachel (PU-PH) SARLES Jacques (PU-PH) TSIMARATOS Michel (PU-PH)</p> <p>ANDRE Nicolas (MCU-PH)</p>	<p>BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH) BREGEON Fabienne (PU-PH) CHAUVEL Patrick (PU-PH) Surnombre JOLIVET/BADIER Monique (PU-PH) MEYER/DUTOUR Anne (PU-PH)</p> <p>BARTHELEMY Pierre (MCU-PH) BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH) DADOUN Frédéric (MCU-PH) (disponibilité) DEL VOLGO/GORI Marie-José (MCU-PH)</p>

COZE Carole (MCU-PH)
FABRE Alexandre (MCU-PH)
OUDIN Claire (MCU-PH)
OVAERT Caroline (MCU-PH)

DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)
GABORIT Bénédicte (MCU-PH)
REY Marc (MCU-PH)
TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (MCU-PH)

PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE 4903

AZORIN Jean-Michel (PU-PH)
BAILLY Daniel (PU-PH)
LANCON Christophe (PU-PH)
NAUDIN Jean (PU-PH)

LIMERAT/BOUDOURESQUE Françoise (MCF) (40ème section)
RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)
STEINBERG Jean-Guillaume (MCF) (66ème section)
THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

PSYCHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PCYCHOLOGIE SOCIALE 16

AGHABABIAN Valérie (PR)

PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE 5101

ASTOUL Philippe (PU-PH)

RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE 4302

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)
CHAGNAUD Christophe (PU-PH)
CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)
GIRARD Nadine (PU-PH)
GORINCOUR Guillaume (PU-PH)
JACQUIER Alexis (PU-PH)
MOULIN Guy (PU-PH)
PANUEL Michel (PU-PH)
PETIT Philippe (PU-PH)
VIDAL Vincent (PU-PH)

BARLESI Fabrice (PU-PH)
CHANEZ Pascal (PU-PH)
CHARPIN Denis (PU-PH) Surnombre
REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

GREILLIER Laurent (MCU PH)
MASCAUX Céline (MCU-PH)

TOMASINI Pascale (Maitre de conférences associé des universités)

THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE 4804

REANIMATION MEDICALE ; MEDECINE URGENCE 4802

GAINNIER Marc (PU-PH)
GERBEAUX Patrick (PU-PH)
PAPAZIAN Laurent (PU-PH)
ROCH Antoine (PU-PH)

AMBROSI Pierre (PU-PH)
BARTOLIN Robert (PU-PH) Surnombre
VILLANI Patrick (PU-PH)

DAUMAS Aurélie (MCU-PH)

HRAIECH Sami (MCU-PH)

UROLOGIE 5204

RHUMATOLOGIE 5001

GUIS Sandrine (PU-PH)
LAFFORGUE Pierre (PU-PH)
PHAM Thao (PU-PH)
ROUDIER Jean (PU-PH)

BASTIDE Cyrille (PU-PH)
KARSENTY Gilles (PU-PH)
LECHEVALLIER Eric (PU-PH)
ROSSI Dominique (PU-PH)

Aux membres du jury,

A mon président, Monsieur le Professeur Louis HOFFART

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse.

Sans nul doute que la qualité et la richesse de vos connaissances ont été pour moi non seulement une motivation quotidienne mais un honneur. J'ai eu énormément de plaisir à travailler avec vous et votre équipe, et j'ai beaucoup appris à vos côtés.

Vous êtes à l'écoute de vos internes et je vous remercie pour votre soutien à travers toutes ces années.

Je suis fière d'avoir fait parti de votre équipe et de compter parmi vos élèves de l'hôpital de la Timone.

Je vous souhaite un épanouissement égalable à votre enseignement.

Veillez trouver ici, Monsieur Hoffart, le témoignage de ma très haute considération.

A Madame le Professeur Danièle DENIS,

Je vous remercie Madame Denis de me faire l'honneur de juger cette thèse.

Je vous remercie pour cette formation pédiatrique au sein de votre service. Cet apprentissage de l'ophtalmologie pédiatrique dans votre équipe n'a été que du plaisir.

Six mois furent beaucoup trop courts.

Je vous remercie pour votre soutien et votre bonheur quotidien. Vous êtes d'une grande générosité et avez toujours une oreille attentive pour vos internes.

Veillez agréer Madame Denis mes sentiments les plus respectueux et ma très sincère reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Frédéric MATONTI,

Je vous remercie Monsieur Matonti de me faire l'honneur de juger cette thèse.

Travailler à vos côtés a été un plaisir car vous savez transmettre votre passion et vos connaissances.

Vous êtes pour nous tous un exemple à suivre aussi bien pour la pratique médicale et chirurgicale que pour la discipline et la motivation quotidienne. Je vous remercie pour votre pédagogie et votre disponibilité.

Vous nous poussez vers la réussite, je vous en suis très reconnaissante.

J'éprouve beaucoup d'admiration à l'égard de votre parcours, veuillez trouver ici, Monsieur Matonti, l'expression de ma plus grande admiration.

A Madame le Docteur Emilie GRANGET,

Je vous remercie Madame Granget de me faire l'honneur de juger cette thèse.

Je te remercie Emilie pour toute l'aide que tu m'as apporté pendant mon internat. Tu m'as beaucoup épaulé aussi bien professionnellement que personnellement. Merci pour ton soutien quotidien.

Je te félicite pour ta disponibilité et ta gentillesse avec tes confrères, tes internes et tes patients. J'espère que nos chemins professionnels se croiseront de nouveau pour pouvoir partager tes connaissances et rire de nos bêtises.

Je te remercie pour ton aide primordiale dans cette thèse qui sans toi n'aurait pu aboutir.

Pour toutes ces raisons, trouves ici, Emilie, le témoignage de ma plus profonde estime et de ma sincère reconnaissance.

A mes Maîtres dans les Hôpitaux,

Monsieur le Professeur ROCHE

Monsieur le Docteur DE CUTTOLI

Monsieur le Docteur Sébastien GUIGOU

Monsieur le Docteur Laurent COUPIER

Monsieur le Professeur Louis HOFFART

Monsieur le Professeur Bernard RIDINGS

Madame le Professeur Danièle DENIS

Monsieur le Professeur Philippe DENIS

Monsieur le Professeur Laurent KODJIKIAN

Monsieur le Docteur Pierre-Marie BALL

Merci pour votre apprentissage pédagogique et votre rigueur.

Je vous en serais éternellement reconnaissante.

A mes aînés dans les Hôpitaux,

Docteur Amélie DORNADIN

Docteur Virginie DONNADIEU

Docteur Frédéric GALLAND

Docteur Romuald DARIEL

Docteur Hélène PROUST

Docteur Jean Christophe COURJARET

Docteur Emilie ZANIN

Docteur Caroline MARC

Docteur Céline BOULICOT

Docteur Anna FRANCOZ

Docteur Grégoire ALESSI

Docteur Joséphine ALTAYRAC

Docteur Magalie SAMPO

Docteur Hélène PROUST

Docteur Isabelle RENDU

Docteur Aurore AZIZ

Docteur Emilie GRANGET

Docteur Thibaut MATHIS

Docteur Rebecca SALLIT

Docteur Zainab BENTALEB

Docteur Anne Marie LE PRINCE

Docteur Chaker NEFZAOUI

Docteur Aurélie SINGER

Docteur Alban COMET

Docteur Benjamin DONNADIEU

Docteur Helena GUIGUE

Je vous remercie pour votre confiance tout au long de ces semestres passés avec vous.

Veillez agréer mes reconnaissances les plus sincères.

Je dédie cette thèse

A ma famille

Je vous remercie sincèrement et infiniment d'avoir supporter toutes mes humeurs lors de chacune de mes étapes estudiantines.

Rien ne serait suffisant pour vous exprimer ma gratitude et mon admiration.

A mes grands-parents, Mamouna et Jean-Louis.

Serait-ce grâce à cette merveilleuse boîte d'ophtalmologie maritime, offerte il y a 11 ans, que j'ai choisi cette spécialité ?

Je vous serais éternellement reconnaissante pour tous ce que vous faites pour moi ainsi que pour vos enfants, petits enfants et arrière petits enfants. Nous vous en remercierons tous. Il n'y a rien de plus merveilleux que de voir votre admiration dans vos yeux.

A ma Maman.

Je te remercie maman d'avoir toujours été là. Tu m'as offert cette stabilité à la maison qui m'a permis d'arriver jusque ici.

Après mes récitations de textes le vendredi soir, nos trajets anxieux le jour des exams, nous arrivons enfin au terme de cette aventure.

A mon Papa et à Pat de Monac.

Je vous remercie pour m'avoir transmis le goût de l'aventure, des voyages et des découvertes éveillant ma curiosité, primordial dans le domaine médical.

A Charlotte. Tu seras pour toujours ma deuxième maman. Tu es attentive et prête à tout pour moi, je t'en remercie milles fois.

A Damien. Je peux toujours compter sur toi avec ton fort caractère qui à l'instar de ton physique ressemble bien trop au mien.

A Marie, la meilleure belle sœur.

Je vous remercie pour tous ce que vous faites pour nous.

A Ulrich. A ma poupée, Paola, et à mon Gaston. Je vous remercie pour ce bonheur que vous m'apportez par vos merveilleux sourires.

A mes amis

A Anaïs, cette nuit dans les bois, je ne l'oublierai pas!

Un gros big up pour mon intégration au sein de cette équipe de la génération 87.

A Anne Claire, même à Paris, on sera toujours tes amies.

Vive la crêpe, l'Orangina et les mises en pyjamas.

A Lucie, la marrante, l'hyperfertile, la maman. Que cette vie lyonnaise me manque. Charcuterie et vin rouge, effrayant Benjou, ont rythmé ces six mois.

A Marie, du bounty au trolley en passant par Dijon #passionbriou.

Je vous remercie pour toutes ces années. Sans vous, ces études auraient été longues, difficiles et beaucoup moins marrantes! Confidentes et amies, vous avez été de supers coachs même avec mon caractère bien trempé.

Au KIK'n co à l'ancienne, toujours là.

A Laetty. Ma kikounette, des coups de théâtre à Montvaillant aux performances blind test je dis chapeaux bas !

A Marielle. Ouf. Tu es restée avec moi. Maintenant inséparables à Marseille. Têtue comme une mule, pas facile de te faire changer d'avis mais JeanBa y a réussi : bravo future maman.

A Maelle. Du début à la fin ensemble. La meilleure des colocs !

A Charlutte au toilutte, le parachute bobo bohème.

A Marie Poulpoul, on ne t'oublie pas. A Pauline, 7-7-7 et 17.

A Bertrand, le ' mon copain copine, depuis les bancs de biologie.

Je vous remercie pour avoir, comme ma famille, supportés ces longues études engendrant souvent des moments de folies ou tout au contraire de silence.

Pour toujours,

A Olivia, notre rédactrice en chef de la 6^{ème} à nos jours, *love* de la tresse de Hayden Christensen, d'épées, de la fête, des copines, du sport en équipe, avec un grand sens du mot recevoir et de l'amitié.

A Géraldine, après les new balance marron où il y avait poissons sous cailloux, *love* des petits cahiers colorés aux stylos acidulés, de la coquetterie, et de John.

A mes co chefs scouts préférés, Ben et Guillaume, hyper fort dans le tir au pistolet !

A l'équipe des gros bras : Ben, Guillaume, Dadou, Arnaud et Alex vaincu lors de vos fabuleux séjours hispaniques et les vrais gros bras Rom Fa Max.

A la belle Cécilia.

A Bogho, le petit requin mais costaud.

Je vous remercie pour ces merveilleuses années endiablées tous ensemble. Et j'ai hâte de tous vous retrouver de retour à Marseille.

A QLF

A Jean Rem, Ugo, Laurent, Momo, Caro R, et Mon Rom/jack toujours disponible pour une bonne bière, une bonne soirée ou chiller.

A Mikadou

A Caro B made in Japan. Ce stage, on ne l'oubliera jamais mais Paris restera toujours la plus belle ville du monde.

A Patrick. Merci pour toutes ces belles années.

Scout ou pas scout. C'est pour la vie. A Anne, jéré et julie, Guillaume, Benja, Yann, Clara, Fabien, Laure et Flo.

A mes co-internes

A Lucas. Mon premier. Le meilleur.

A Sylvestre. Merci.

J'aurai toute ma vie ce petit pincement au cœur en pensant à la neurochirurgie, au service de Mr Roche, à l'équipe, à vous. Je vous remercie pour ce merveilleux semestre passé à vos côtés, pour m'avoir épaulé pendant ces belles journées et ces merveilleuses gardes. Je suis admirative pour votre courage dans cette spécialité.

A l'équipe promo 2012

Au fabuleux Pierre : des exams à Ko Samui et même pas co-interne en 5 ans : gros échec !

A l'adorable Lauren, d'une sérénité incroyable et inégalable.

A l'incroyable Val, tic et tac.

Au mystérieux Jérémie.

A la formidable Marie.

A Kadkad, co-interne chapeauté de choc

A Alban et Ben dream team Nord.

A Helena la maman de toute cette belle équipe.

A Natachaaaa la geakeuse du groupe. Je te remercie énormément pour ta participation essentielle à cette thèse. Sans toi cette rédaction n'aura pas été aussi sympa ! Je t'en remercie milles fois. Et merci encore aux portraits Walt Disney, petite aristochateee.

A Marie la plus belle des ophtalmo pédiatre.

A Nico, petit poussin devenu grand, Maeva, Lauriane, Sylvia, Gaelle et Magalie.

A Anne. Je te remercie pour ce dernier semestre passé ensemble et pour les corrections orthographiques ! Bravo pour ta sérénité et ton courage à tout instant.

A Amélie et Virginie, le binôme de choc ! Je vous remercie infiniment pour votre apprentissage. Je vous en suis très reconnaissante et admirative.

Je vous remercie de m'avoir supporté tout au long de cette formation ophtalmologique et je vous souhaite à tous un bon courage pour la suite.

A mes co-internes lyonnais !! QUEL SEMESTRE

A Meriem à la découverte des navettes et d'une nouvelle amitié grandissante.

A Victor le bel amant.

A Cedric avec son humour fin qu'on adore.

A Anne So si sérieuse mais si marrante.

A mes fausses co-internes lyonnaises Marie, Alexia et Charlotte et leurs humours textotés pendant ces 6 mois pavillon cœur ou pas.

Je vous remercie pour ce semestre lyonnais adoré. Merci de m'avoir accueillie comme vous l'avez fait, comme une des votre.

Merci à toute l'équipe de la Timone pour la réalisation de cette thèse.

Merci à toute l'équipe de l'hôpital de sainte Musse qui m'accueille parmi eux à bras ouvert.

A Aude, Catherina et Nathalie.

A Lilliane, Marie Jeanne et Yolande.

A Karine, Caroline et Agnes.

Je vous remercie pour tout ce que vous faites pour ce service. Une belle équipe pour un service plein de joie de vivre.

A Guillaume,

Grâce à un manteau lapin et des week-ends lyonnais imprévisibles, j'ai compris que tu seras toujours là pour moi.

Je te remercie de m'avoir soutenue pendant ces mois de rédaction de thèse et de m'avoir guidé dans les moments de choix décisifs.

Je suis plus qu'heureuse de partager ce moment avec toi.

La vie est bien plus facile à tes côtés.

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION.....	5
1.1	CHIRURGIE DE LA CATARACTE FEMTOCATARACT ASSISTED.....	5
1.1.1	<i>Les grands principes de la chirurgie de la cataracte.....</i>	<i>5</i>
1.1.2	<i>Femtosecond laser-assisted cataract surgery</i>	<i>6</i>
1.2	ASTIGMATISME ET CHIRURGIE DE LA CATARACTE.....	11
1.2.1	<i>Généralité sur l'astigmatisme</i>	<i>11</i>
1.2.2	<i>Prévalence de l'astigmatisme.....</i>	<i>13</i>
1.2.3	<i>Prise en charge pré opératoire</i>	<i>13</i>
1.2.3.1	Evaluation de l'astigmatisme cornéen	14
1.2.3.2	Evaluation de l'astigmatisme total.....	18
1.2.4	<i>Prise en charge de l'astigmatisme au cours de la chirurgie de la cataracte</i>	<i>20</i>
1.2.4.1	Correction par incision relaxante	20
1.2.4.2	Correction par implants toriques.....	20
1.2.4.3	Correction par incisions arciformes	23
1.2.5	<i>Prise en charge post opératoire : la topographie cornéenne et l'OCT du segment antérieur.....</i>	<i>26</i>
1.2.5.1	L'OCT du segment antérieur	26
1.2.5.2	La caméra Scheimpflug	27
1.2.6	<i>Conséquence d'un astigmatisme résiduel après chirurgie de la cataracte.....</i>	<i>28</i>
2	OBJECTIF	29
3	MATERIEL ET METHODE	30
3.1	CRITERES D'INCLUSIONS ET D'EXCLUSIONS	30
3.2	PROTOCOLE CHIRURGICAL	30
3.3	NOMOGRAMME UTILISE.....	30
3.4	ANALYSE STATISTIQUE	33
4	RESULTATS.....	34
5	DISCUSSION	40
6	CONCLUSION	46
7	BIBLIOGRAPHIE	47

ABREVIATIONS

D	Dioptries
ECT	Temps Effectif de phakoémulsification
FLACS	Femtosecond laser-assisted cataract surgery
KA	Keratotomies Arciformes
LASIK	Laser-Assisted In-Situ Keratomileusis
LIO	Lentille Intra Oculaire
OCT	Tomographie par Cohérence Optique
PKE	Phakoémulsification
PKR	PhotoKératectomie Réfractive

FIGURES

FIGURE 1 : LASER VICTUS [®]	7
FIGURE 2 : DIFFERENTS TYPES DE FRAGMENTATION CRISTALLINIENNE REALISEE AVEC LE LASER VICTUS [®] : DECOUPES RADIAIRES ET/OU CIRCULAIRES.	7
FIGURE 3 : OUVERTURE DE L'INCISION PRINCIPALE A L'AIDE D'UN MICROMANIPULATEUR.....	9
FIGURE 4 : DOCKING OU ANNEAU DE SUCCION DU FEMTOLASER TYPE VICTUS [®] : INTERFACE ENTRE LE PATIENT ET LE LASER POUR UNE BONNE STABILISATION OCULAIRE DU PATIENT.	9
FIGURE 5: SELON L'ASCRS 2016	11
FIGURE 6 : SCHEMAS REPRESENTANT LES 3 TYPES D'ASTIGMATISMES : CONFORME OU DIRECT, INVERSE OU INDIRECT ET OBLIQUE AVEC LEURS AXES DE CAMBRURE.....	12
FIGURE 7 : MESURE PRE OPERATOIRE DE L'ASTIGMATISME CORNEEN. DIFFERENTS MOYENS DE MESURE EXISTANTS A CE JOUR SELON L'ASCRS 2016.	14
FIGURE 8 : KERATOMETRE DE JAVAL.....	15
FIGURE 9 : REFLEXION DU DISQUE PLACIDO SUR LA CORNEE. OPD SCAN NIDEK [®]	15
FIGURE 10 : VISUALISATION DES FENTES LUMINEUSES UTILISEES POUR L'ACQUISITION DES DONNEES ANTERIEURE ET POSTERIEURE DE LA CORNEE : ACQUISITION DES DONNEES DE L'ELEVATION PAR L'ORBSCAN.....	15
FIGURE 11 : OPD SCAN NIDEK [®]	16
FIGURE 12 : CARTE DE TOPOGRAPHIE SPECULAIRE AXIALE DE L'OPD SCAN [®] D'UN PATIENT AYANT 1D D'ASTIGMATISME DIRECT. LA CARTE EST CALCULEE D'APRES L'IMAGE NUMERISEE DE LA REFLEXION DU DISQUE DE PLACIDO.	16
FIGURE 13 : CARTE PACHYMETRIQUE D'UN ŒIL DROIT REALISEE A L'AIDE DU PENTACAM	17
FIGURE 14 : TOPOGRAPHIE TYPE ORBSCAN : DEGRE ELEVE D'ENANTIOMORPHISME	18
FIGURE 15 : TICKET DE L'AUTO REFRACTOMETRE : ŒIL DROIT ET ŒIL GAUCHE AVEC KERATOMETRIE. ŒIL DROIT ASTIGMATISME TOTAL DE +0.25D ET CYLINDRE CORNEEN DE +0.50D A 95° DEDUIT PAR LA MESURE DES KERATOMETRIES K1 ET K2 SOIT CYLINDRE INTERNE DE -0.25D ET CYLINDRE A CORRIGER SI NECESSAIRE AU COURS D'UNE CHIRURGIE DE CATARACTE DE +0.50D. ŒIL GAUCHE CYLINDRE TOTAL NUL ET CYLINDRE CORNEEN DE +0.25D.	19
FIGURE 16 : PHOTOGRAPHIE DU MARQUAGE MANUEL EN PREOPERATOIRE IMMEDIAT PATIENT ASSIS.	21

FIGURE 17 : VISUALISATION DANS L'OCULAIRE DU CHIRURGIEN DE L'AXE 0-180° (LIGNE VIRTUELLE BLEU) CONCORDANT AVEC L'AXE DU MARQUAGE MANUEL (MARQUAGE MARQUEUR BLEU) ET DE L'AXE DE L'IMPLANT (3 LIGNES VIRTUELLES ROSES).....	21
FIGURE 18 : IMAGE ACQUISE GRACE AU MODULE "TORIC IOL SUMMARY" DE L'OPD SCAN : VERIFICATION DE VISU DU POSITIONNEMENT DE L'IMPLANT TORIQUE AT LISA TORIC DE ZEISS. LES MARQUES SONT ALIGNEES AVEC LE MERIDIEN CORNEEN LE PLUS CAMBRE.	22
FIGURE 19 : AT TORBI 709 DE ZEISS AVEC MARQUAGE DE L'AXE DE L'IMPLANT VISUALISABLE EN POST OPERATOIRE EN RETROILLUMINATION.	23
FIGURE 20 : OCT DU SEGMENT ANTERIEUR DE LIMBE A LIMBE A L'AIDE D'OPTIQUES ADDITIONNELLES PLACEES SUR UN OCT SPECTRAL DOMAIN : VISUALISATION DE L'ANGLE IRIDO-CORNEEN, LA CAPSULE ANTERIEURE ET LES CORPS CILIAIRES.....	27
FIGURE 21 : OCT DU SEGMENT ANTERIEUR AVEC VISUALISATION DES DIFFERENTES COUCHES CORNEENNES ET D'UNE INCISION ARCIFORME INTRASTROMALE EN INFERIEUR DE LA CORNEE DE 487UM EN LONGUEUR, ISODENSE A L'EPITHELIUM.	27
FIGURE 22 : CLICHES DE LA CAMERA SCHEIMPFLUG DU PENTACAM [®] PERMETTANT LA VISUALISATION DE LA CORNEE.....	28
FIGURE 23 : NOMOGRAMME UTILISE TIRE DE L'ARTICLE DE L'EQUIPE DE A.C. DAY AND ALL : NONPENETRATING FEMTOSECOND LASER INTRASTROMAL ASTIGMATIC KERATOTOMY IN EYES HAVING CATARACT SURGERY....	32
FIGURE 24 : DISTRIBUTION DE L'ASTIGMATISME SUBJECTIF ET OBJECTIF MESURE PAR LE PENTACAM EN PREOPERATOIRE DANS LE BRAS LIO TORIQUE ET LE BRAS KA.	34
FIGURE 25 : OCT AU NIVEAU D'UNE KA INTRASTROMALE. KA ISODENSE A L'EPITHELIUM CORNEEN....	36
FIGURE 26 : OCT A J7 POST OPERATOIRE. EPAISSEUR DE LA KA INTRASTROMALE DE 487UM.	36
FIGURE 27 : OCT A M1 POST OPERATOIRE. EPAISSEUR DE LA KA INTRASTROMALE DE 435UL.	36
FIGURE 28 : GRAPHIQUE REPRESENTANT L'EVOLUTION DE L'ASTIGMATISME SUBJECTIF EN DIOPTRIES AU COURS DU TEMPS : ECART-TYPE ET MOYENNE DANS LES DEUX BRAS.	37
FIGURE 29 : GRAPHIQUE REPRESENTANT LE MAVC AU COURS DU TEMPS EN LOGMAR ET EN DECIMALE : ECART-TYPE ET MOYENNE DANS LES DEUX BRAS.	38
FIGURE 30 : COURBE REPRESENTANT L'EFFET DE L'AGE SUR LA CORRECTION DE L'ASTIGMATISME DANS LE BRAS LIO TORIQUE AVEC UN COEFFICIENT DE CORRELATION DE -0,97.....	39
FIGURE 31 : COURBE REPRESENTANT L'EFFET DE L'AGE SUR LA CORRECTION DE L'ASTIGMATISME DANS LE BRAS KA AVEC UN COEFFICIENT DE CORRELATION DE -0,96.....	39

1 INTRODUCTION

1.1 Chirurgie de la cataracte femtocataracte assisted

1.1.1 Les grands principes de la chirurgie de la cataracte

La chirurgie de la cataracte est devenue une chirurgie réfractive à part entière. Son principe est simple et a subi une importante évolution. Depuis 1967, la technique chirurgicale par phacoémulsification inventée par Kelman permis de réaliser de petites incisions, de 2,8 à 3mm, diminuant fortement l'astigmatisme post opératoire¹⁻³.

En effet, la chirurgie de la cataracte doit être le moins astigmatogène possible pour mieux prévoir l'astigmatisme final et pouvoir avoir une correction efficace soit par implants toriques soit par incisions arciformes.

Une micro incision cornéenne est faite pour le passage des instruments et canules pour la chirurgie. Une taille inférieure à 2,2mm semble efficace pour éviter d'induire un astigmatisme post opératoire¹⁻³. De plus, les incisions induisent moins d'astigmatisme d'autant qu'elles sont plus éloignées de l'axe optique⁴. Le limbe est plus éloigné de l'axe optique sur le méridien vertical que sur le méridien horizontal. Cette incision principale sera donc la plus courte possible et située sur le site temporal, éloignée de l'axe optique.

Le capsulorhexis, ou découpe antérieur du sac capsulaire effectuée à l'aide d'une pince à rhexis, est circulaire d'environ 5,5mm de diamètre. Cette étape est décisive dans la phacoémulsification et est variable en fonction du degré d'apprentissage de chaque opérateur.

Un capsulorhexis plus petit que l'optique de la lentille intra oculaire (LIO) aide à séquestrer l'optique dans le sac capsulaire par rapport à l'humeur aqueuse. Anders et al. ont montré que la réalisation d'un petit capsulorhexis, moins de 5,5 mm, peut entraîner une fibrose capsulaire antérieure⁵ à l'origine d'un léger déplacement de l'implant et générant ainsi un shift hypermétropique⁵.

Un capsulorhexis trop large est un facteur de risque non négligeable de déplacement de l'implant⁶ à type de tilt ou décentrement, et de cataracte secondaire. De plus, le centrage du capsulorhexis permet un bon centrage de la LIO dont le décentrement serait responsable

d'un mauvais résultat réfractif et d'aberrations optiques de type coma retentissant sur la qualité de vision.

1.1.2 Femtosecond laser-assisted cataract surgery

La chirurgie de la cataracte assistée par le laser femtoseconde, femtocataracte ou FLACS (femtosecond laser-assisted cataract surgery), effectue une découpe des tissus oculaires de manière précise et reproductible. Il est utilisé notamment, depuis 2001, en chirurgie réfractive créant des capots de Laser-Assisted In-Situ Keratomileusis, LASIK. Le laser femtoseconde produit des impulsions d'énergie lumineuse ultracourtes, 10^{-15} secondes, avec une longueur d'onde proche de celle de l'infrarouge, 1053nm. L'énergie totale pour la chirurgie de la cataracte est de 6000nJ à 8000nJ pour la capsulotomie et la fragmentation cristallinienne, et de 1800 à 2000nJ pour les incisions cornéennes (principales, secondaires et arciformes).

La durée ultracourte de l'impulsion minimise le transfert d'énergie aux tissus adjacents. La longueur d'onde, proche de l'infrarouge, n'est pas absorbée par les tissus optiquement transparents, ce qui permet ainsi au laser de cibler précisément les différentes couches de la cornée, de la chambre antérieure et du cristallin. Ces deux paramètres permettent de réduire les atteintes annexes.

Quatre plateformes existent utilisant les mêmes techniques de découpe cornéenne, capsulorhexis et fragmentation cristallinienne : Le laser Victus (Figure 1), le LenSx, le Lensar et le Catalys. Seul le laser Victus permet d'effectuer les actes de femtocataracte, la découpe de capot dans le LASIK, le traitement intrastromal cornéen pour la presbytie (IntraCor[®]), les incisions cornéennes arciformes et les tunnels pour les anneaux intra cornéens. Il s'agit du laser utilisé dans notre étude. Les lasers sont couplés à un mode de repérage des structures oculaires : caméra Scheimpflug[®] ou tomographie par cohérence optique (OCT) en spectral domaine variant en fonction de la plateforme. Le chirurgien peut choisir le type de fragmentation de la découpe cristallinienne, découpes circulaires, radiaires ou de type *icecube* (Figure 2). La procédure chirurgicale secondaire est semblable quelle que soit la plateforme utilisée préalablement.



Figure 1 : Laser Victus[®]

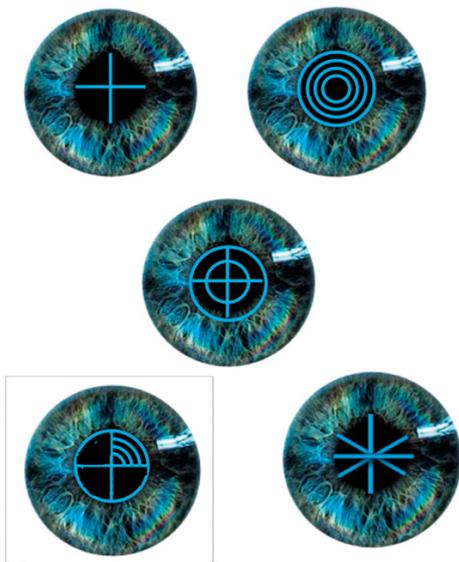


Figure 2 : Différents types de fragmentation cristallinienne réalisée avec le laser Victus[®] : découpes radiales et/ou circulaires.

L'utilisation du femtolaser pour la chirurgie de la cataracte n'est pas encore dans les habitudes opératoires et sa technique de phaco-fragmentation est encore en cours d'évaluation. Son apprentissage est long et nécessite de nouvelles techniques et organisations chirurgicales.

En effet, la phacoémulsification (PKE) s'effectue en deux étapes. La première étape, dites de préparation consiste en la préparation de la chirurgie avec la réalisation des premières étapes par le laser femtoseconde : capsulotomie, fragmentation du cristallin, incisions cornéennes principales et secondaires pour la chirurgie, et si nécessaire des incisions

arciformes. Puis la seconde partie sera la PKE à proprement dites, effectuée le plus souvent dans une deuxième salle opératoire : ouverture des incisions cornéennes, retrait de la capsule antérieure, complément de fragmentation et aspiration du cristallin à l'aide du phacoémulsificateur, lavage du cortex et mise en place de l'implant.

L'apport du laser femtoseconde améliore significativement la reproductibilité, la précision et la sécurité des découpes par son procédé automatisé⁷. L'avantage de la FLACS est sa qualité et le perfectionnement des systèmes de visualisation par OCT permettant une sécurité supérieure de la chirurgie. La justesse des mesures anatomiques dépend en grande partie de la précision du guidage des impacts au laser femtoseconde. La FLACS permet une chirurgie sécurisée des cataractes difficiles : blanches, en myosis, ectasie cristallinienne et les cataractes chez l'enfant⁸⁻¹⁰.

Le capsulorhexis, de reproductibilité moyenne en manuel, est plus précis avec une régularité et un centrage parfaits^{11,12}. L'équipe de Nagy et al. en 2011¹³, utilisant la plateforme LenSx®, a retrouvé un centrage précis du capsulorhexis reproductible par rapport à la technique manuelle, contribuant secondairement à un meilleur centrage de l'implant. Les résultats réfractifs sont alors plus stables, avec moins de bascule, tilt, et décentrement de l'implant^{5,14}. De plus, la circularité de la découpe capsulaire influence la distribution des forces qui s'y exercent et donc sa résistance à l'étirement. Or, lors de la réalisation du capsulorhexis par le laser, celui-ci est parfaitement circulaire. La force d'étirement nécessaire pour provoquer une déchirure du sac serait plus importante lorsque le capsulorhexis est effectué par le laser¹² sécurisant ainsi l'acte chirurgical.

Les incisions cornéennes découpées au laser sont reproductibles, stables et de grandes précisions. L'incision principale est réalisée en trois plans pour une meilleure étanchéité. Elles sont ouvertes secondairement à l'aide d'un micro manipulateur (Figure 3). Les incisions transfixiantes ou transépithéliales sont totalement contrôlées : position axe, dimensions, et construction tridimensionnelle. Ces incisions cornéennes peuvent être à visée pénétrante, incision principale et paracentèse pour le passage des instruments, ou réfractives, incisions limbiques avec effractions épithéliales ou intra stromales.

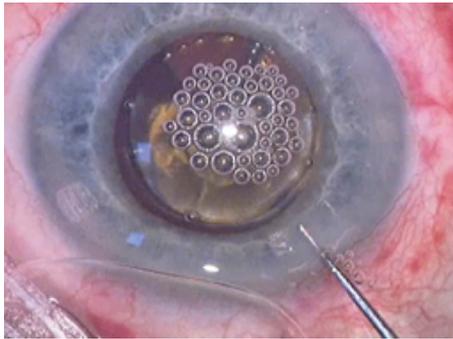


Figure 3 : Ouverture de l'incision principale à l'aide d'un micromanipulateur.

S'ajoutant à la sécurité chirurgicale, l'intérêt principal de la FLACS est de suppléer les ultrasons pour la réalisation de la fragmentation du cristallin. L'utilisation moindre d'ultrasons permet une protection de l'endothélium, dont la perte en cellules est estimée à 5% en moyenne au cours de la chirurgie de la cataracte. L'énergie laser est plus focalisée et moins dispersive que les vibrations mécaniques engendrées par la PKE vibrant à la fréquence des ultrasons. De ce fait, la puissance totale d'ultrasons nécessaire est moindre⁷ et le temps effectif de PKE (EPT) après femtoseconde est diminué. D'après Nagy et al.¹⁵, en 2015, le EPT serait réduit de 51% tous grades de cataracte confondus, grade de 1 à 4. Conrad-Hengerer et al.¹⁶ ont retrouvé une perte moyenne de 7,9% de cellules endothéliales à une semaine dans le groupe laser contre 12,1% dans le groupe témoin ($p < 0,001$) avec un EPT de 0,0 seconde \pm 0,1 dans le groupe laser contre 1,4 seconde \pm 0,1. Cette utilisation d'ultrasons, presque nulle, est non négligeable chez les patients ayant une dystrophie cornéenne endothéliale, comme la cornéa guttata.

Le principal inconvénient de la plateforme du femtolaser est l'obligation de tenir compte de la morphologie des patients pour la mise de l'anneau de succion ou docking et l'ouverture palpébrale. L'orbite ne doit pas gêner le docking (Figure 4).



Figure 4 : Docking ou anneau de succion du femtolaser type Victus[®] : interface entre le patient et le laser pour une bonne stabilisation oculaire du patient.

Les petites dilatations pupillaires¹⁰ peuvent aussi être une difficulté surtout au début de l'apprentissage, réduisant donc la taille du capsulorhexis. Lors de cataractes blanches, la première étape au femto laser est plus difficile du fait d'un risque de capsulorhexis incomplet et de fragmentation partielle du noyau mais la chirurgie est toujours effectuée en sécurité⁹. De plus, en cas de cicatrices cornéennes, il existe une moins bonne pénétration du laser dans les tissus.

Les complications au cours de la phase du femto laser sont le lâchage de l'anneau de succion, la capsulotomie incomplète, le myosis post laser et les pétéchies conjonctivales. Celles-ci sont présentes dans 34 % des cas d'après Nagy et al¹⁷ et sont esthétiquement gênantes en postopératoire pour le patient.

Le patient en mydriase avant le laser, il est fréquent d'observer un myosis après le prétraitement, dans un tiers des cas¹⁷, secondaire à la succion et à une augmentation de parasymphomimétiques myotiques par la procédure au laser. En effet, en 2013, une équipe¹⁸ a retrouvé un taux significativement plus élevé de prostaglandines dans l'humeur aqueuse des patients immédiatement après le traitement au laser à la femtoseconde. Dans les yeux, la principale source de prostaglandines est la couche épithéliale non pigmentée des corps ciliaires. Les stimuli mécaniques et thermiques augmentent le taux de prostaglandines dans l'humeur aqueuse. Outre l'effet de pression mécanique du docking, la formation de bulles dans la chambre antérieure peut également contribuer aux effets mécaniques dans l'augmentation du niveau de prostaglandines dans l'humeur aqueuse. Bucci et al. ont constaté que les taux de prostaglandines sont réduits en utilisant des gouttes d'AINS avant la chirurgie de la cataracte¹⁹. La solution serait donc de prétraiter avec un médicament anti inflammatoire non stéroïdien avant la chirurgie, et de collyres mydriatiques commencés plus tôt, par rapport à une PKE manuelle, associé avec une prise en charge rapide entre les deux étapes chirurgicales.

La supériorité en termes médico-économique reste encore à démontrer. Il existe un surcoût non négligeable pour l'établissement et le patient en additionnant le prix du matériel (plateforme femtolaser, consommable, maintenance de la machine et mise à jour de logiciel) et le prix de la logistique (augmentation du temps opératoire). La FLACS n'est pas plus rapide

que la chirurgie conventionnelle. La première partie chirurgicale est 20% plus longue surtout durant la phase d'apprentissage²⁰.

D'après l'ASCRS de 2016²¹, seulement 45% des ophtalmologues opérateurs considèreraient qu'il y a un bénéfice clinique à utiliser la méthode de FLACS. En 2016, seulement 8%²¹ des patients opérés de cataracte sont opérés selon la méthode FLACS, 59% pour des raisons économiques (Figure 5).

Laser-Assisted Cataract Surgery

If you are not performing femtosecond laser-assisted cataract surgery, what are your primary reasons? (Select all that apply)

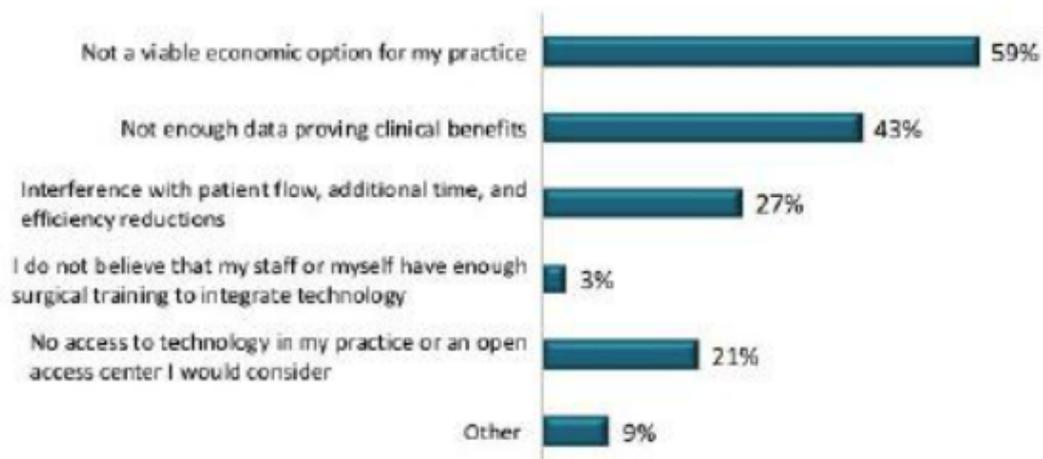


Figure 5: Selon l'ASCRS 2016

1.2 Astigmatisme et chirurgie de la cataracte

1.2.1 Généralité sur l'astigmatisme

L'évaluation précise de l'astigmatisme pré opératoire est primordiale pour une optimisation précise des résultats post opératoire de chirurgie de la cataracte. L'astigmatisme est une aberration optique caractérisée par la variation de la réfraction selon un axe du méridien considéré, le méridien horizontal étant l'axe 0°-180° entraînant une perte de la symétrie de

révolution. De ce fait, les rayons issus d'un point lumineux ne peuvent se focaliser sur le plan de la rétine simultanément. Il en résulte une image floue dans la vision de loin et de près.

L'astigmatisme oculaire peut être un astigmatisme cornéen, le plus fréquent, ou un astigmatisme interne, cristallinien.

L'astigmatisme peut être régulier ou « toricité cornéenne » dont les méridiens sont orthogonaux. La variation de courbure entre deux méridiens est continue et régulière. Il peut s'agir d'un astigmatisme irrégulier, secondaire à une affection oculaire, entraînant des aberrations de hauts degrés.

L'astigmatisme est dit « direct » ou « conforme à la règle », « with the rule », lorsque les méridiens verticaux ($60^\circ/120^\circ$) sont plus puissants que les méridiens horizontaux ($0^\circ/30^\circ$ et $150^\circ/180^\circ$). Il existe une cambrure des méridiens verticaux cornéens (Figure 6). Il représente l'astigmatisme le plus fréquent.

L'astigmatisme est dit « inverse » ou « non conforme à la règle », « against the rule », lorsque les méridiens verticaux sont moins puissants que les méridiens horizontaux.

L'astigmatisme oblique correspond aux situations intermédiaires : méridiens de courbure extrême situés entre $30^\circ/60^\circ$ et $120^\circ/150^\circ$.

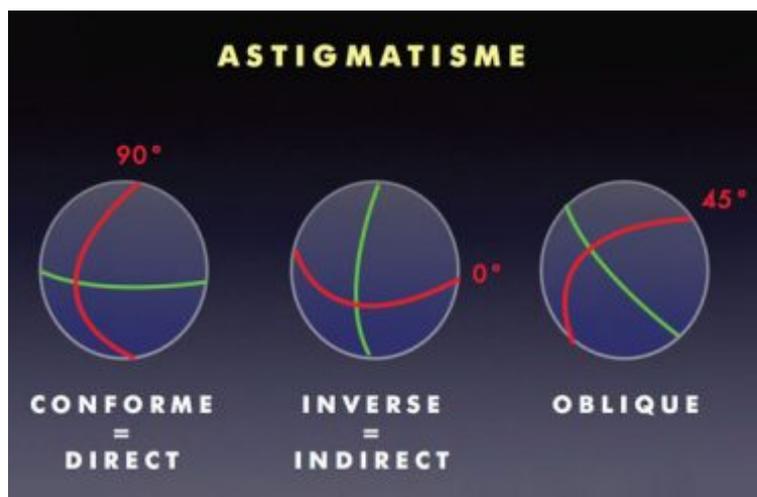


Figure 6 : Schémas représentant les 3 types d'astigmatismes : conforme ou direct, inverse ou indirect et oblique avec leurs axes de cambrure.

L'astigmatisme congénital est le plus souvent direct. La cataracte induit généralement un astigmatisme interne inverse. Si la face postérieure de la cornée présente une toricité, l'astigmatisme engendré est le plus souvent inverse.

Il est important de ne pas confondre l'astigmatisme cristallinien, ou interne, de l'astigmatisme cornéen car seul celui-ci pourra être corrigé au cours de chirurgie réfractive cornéenne ou cristallinienne.

1.2.2 Prévalence de l'astigmatisme

La chirurgie de la cataracte est devenue une véritable chirurgie à but réfractif dont la correction de l'astigmatisme doit être prise en compte.

Cette correction a pour objectif l'emmétropie permettant une amélioration nette des symptômes d'inconforts²² tels que les halos visuels²³ et également une compensation économique. Le coût de l'achat des verres correcteurs de loin est non négligeable²² en cas de persistance d'un astigmatisme post opératoire.

Ferrer Blasco a montré dans une étude récente portant sur 4540 yeux²⁴ que seulement 13% n'ont aucun astigmatisme en pré opératoire, 64,4% ont un astigmatisme entre 0,25 et 1,25D, 41% \geq 0,75Dioptries(D) et 22% de plus de 1,50D. Environ un tiers²⁵ à près de la moitié^{24,26} des yeux pré opératoire de chirurgie de la cataracte ont un astigmatisme cornéen supérieur à 1D et 8%²⁵ à 13%²⁶ ont plus de 2D. Ce que l'équipe d'Hoffer²⁷ a conforté, en 2009, où plus de 20% des patients ont un astigmatisme de plus de 1,50D.

Or d'après l' ASCRS²⁸, seulement 9% des yeux bénéficient d'un implant torique.

1.2.3 Prise en charge pré opératoire

L'évaluation précise de l'astigmatisme pré opératoire est primordiale pour une optimisation précise des résultats post opératoire de chirurgie de la cataracte.

L'examen de l'astigmatisme cherche à évaluer l'astigmatisme total et l'astigmatisme cornéen, dont nous déduisons l'astigmatisme interne par confrontation des résultats. Nous disposons de différents appareils pour l'évaluation préopératoire précise de l'astigmatisme cornéen.

D'après l'ASCRS 2016, la mesure de l'astigmatisme pré opératoire est effectuée à l'aide de la topographie cornéenne et de la biométrie automatisée dans la majorité des cas (Figure 7).

Astigmatism Management/Toric IOLs

What are the preoperative measurements that drive your astigmatism axis decisions when implanting a toric IOL?
(Select all that apply)

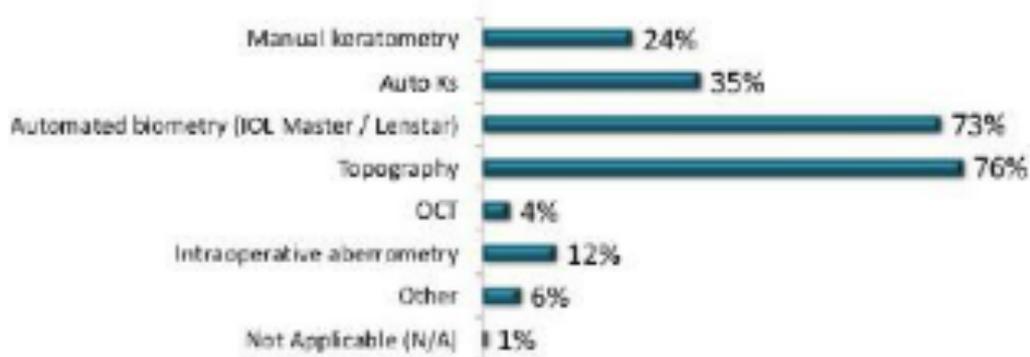


Figure 7 : Mesure pré opératoire de l'astigmatisme cornéen. Différents moyens de mesure existants à ce jour selon l'ASCRS 2016.

1.2.3.1 Evaluation de l'astigmatisme cornéen

L'astigmatisme cornéen est évalué par la kératométrie, anciennement à l'aide du kératomètre de Javal et par la topographie cornéenne.

1.2.3.1.1 Le kératomètre de Javal

La kératométrie est la mesure objective des rayons de courbure de la face antérieure de la cornée dans ses deux méridiens principaux.

Le kératomètre de Javal (Figure 8) permet une évaluation de l'astigmatisme cornéen depuis 1953. Son principe est de mesurer la cornée entre deux points distants de trois millimètres, considérant une cornée sphérique, donc non irrégulière, entre ces deux points. La périphérie cornéenne n'est pas évaluable, la zone centrale de 3mm (la taille dépend de l'importance de la prolativité cornéenne : de 2,8 à 3,2 mm) est extrapolée et l'irrégularité est faiblement mesurée. Il est capable de mettre en évidence certaines irrégularités cornéennes sans jamais pouvoir les mesurer.

Peu d'ophtalmologistes sont actuellement formés à cette technique de mesure de l'astigmatisme cornéen.



Figure 8 : kératomètre de Javal

1.2.3.1.2 Les topographies cornéennes

Les topographies, mesurant la géométrie cornéenne, sont devenues un examen essentiel et obligatoire avant toute chirurgie réfractive. Elles permettent de mieux comprendre l'astigmatisme cornéen par une analyse qualitative, quantitative et évolutive. Leur fonctionnement repose sur la projection d'une image de référence sur la cornée et l'analyse de son reflet. Les topographies cornéennes sont décrites par deux grands types : le disque Placido, utilisant des mires réfléchives concentriques (Figure 9), et les enregistreurs de l'élévation et de dépression cornéenne, par balayage (Figure 10) ou caméra rotative.

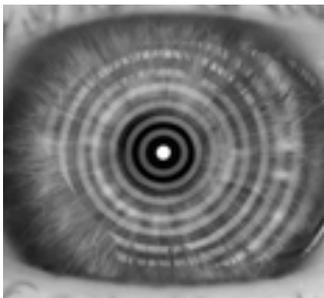


Figure 9 : Réflexion du disque placido sur la cornée. OPD scan Nidek®

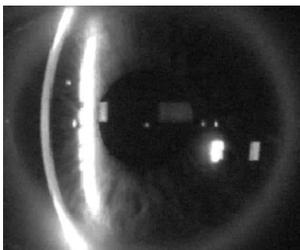


Figure 10 : Visualisation des fentes lumineuses utilisées pour l'acquisition des données antérieure et postérieure de la cornée : acquisition des données de l'élévation par l'Orbscan.

La topographie spéculaire, OPD scan de Nidek (Figure 11), permet grâce à une analyse tangentielle et axiale, d'évaluer l'intégralité de la cornée en mesurant des milliers de points. Il en est déduit une carte de courbure (Figure 12). Elle mesure précisément les astigmatismes irréguliers ou asymétriques et les astigmatismes centraux, ainsi que son évaluation dans les différentes zones optiques. La topographie spéculaire permet un suivi évolutif de l'astigmatisme en particulier en pré et post opératoire. Son principal inconvénient est la fausse interprétation des topographies du fait de la présence d'un mauvais reflet cornéen, lors par exemple d'œil sec. Elles sont majoritairement utilisées en contactologie pour guider le choix du rayon d'une lentille d'essai.



Figure 11 : OPD scan Nidek[®]

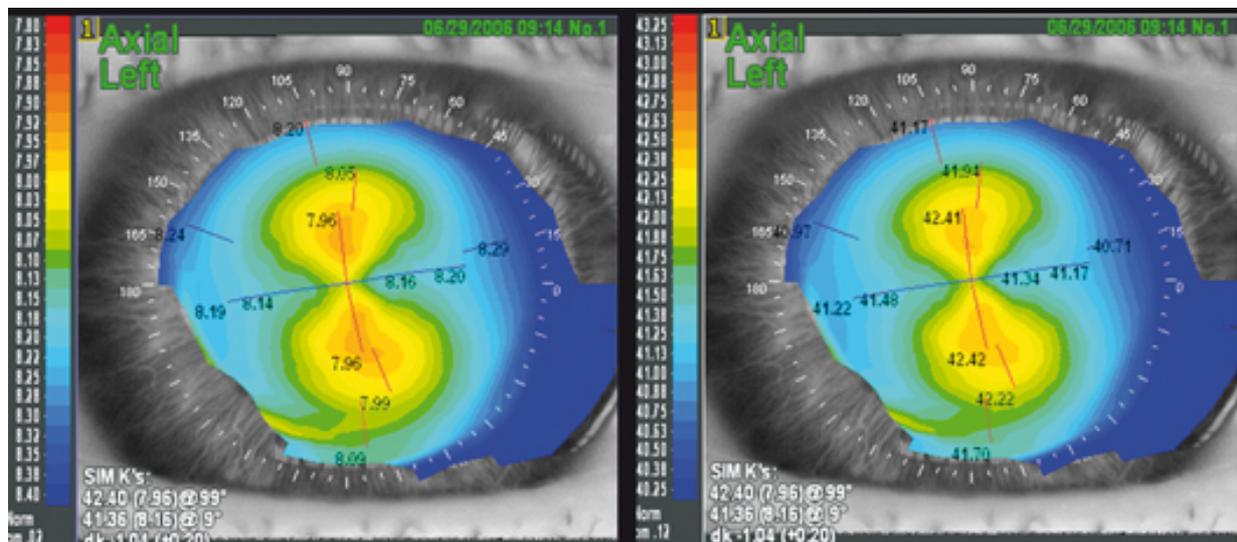


Figure 12 : Carte de topographie spéculaire axiale de l'OPD Scan[®] d'un patient ayant 1D d'astigmatisme direct. La carte est calculée d'après l'image numérisée de la réflexion du disque de Placido.

Les différents aspects topographiques observés dans la population générale³⁰ mettent souvent en évidence une topographie cornéenne différente entre les deux yeux avec cependant, un certain degré d'énantiomorphisme, symétrie en miroir (Figure 14).

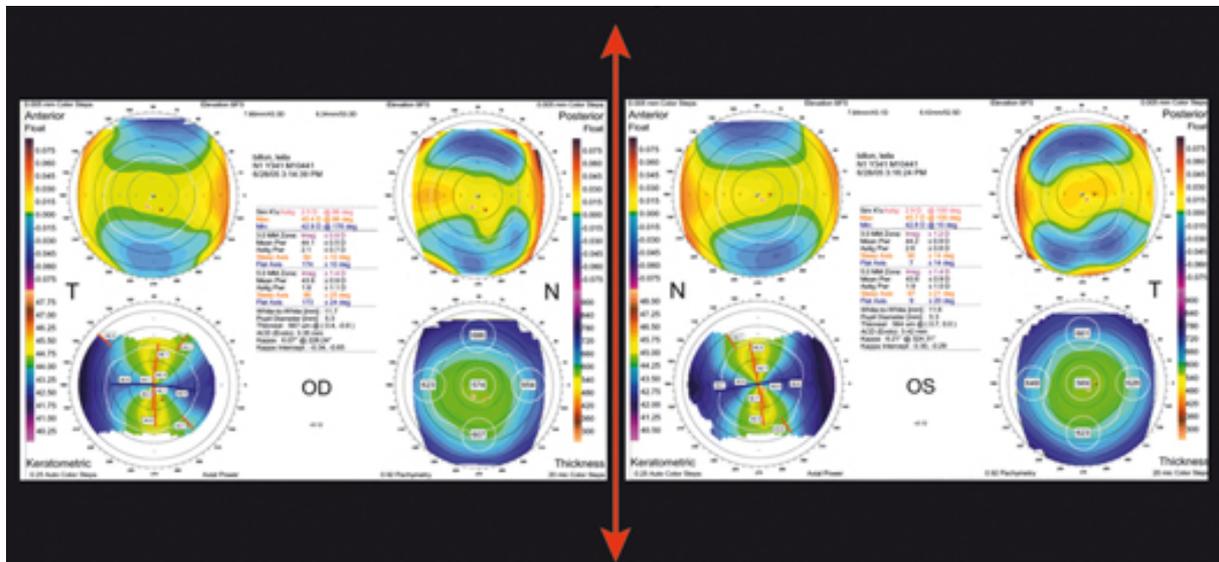


Figure 14 : Topographie type Orbscan : degré élevé d'énantiomorphisme

1.2.3.2 Evaluation de l'astigmatisme total

L'auto réfractomètre automatique, utilisé en consultation classique, analyse l'astigmatisme total régulier et asymétrique de manière reproductible et non opérateur dépendant. Il présente des similitudes avec le kératomètre manuel. Il mesure quatre points sur un diamètre allant de 2,8 à 3,7 mm en fonction de la prolativité cornéenne. Un scotome central nécessite l'extrapolation des mesures. Il ne peut pas mettre en évidence d'irrégularités cornéennes, à moins d'être couplé à une observation de type Placido qui pourra, dans certains cas, mettre en évidence une irrégularité des mires sans pouvoir la quantifier.

De l'astigmatisme total et de la kératométrie mesurés par l'auto réfractomètre va être déduit l'astigmatisme interne (Figure 15).

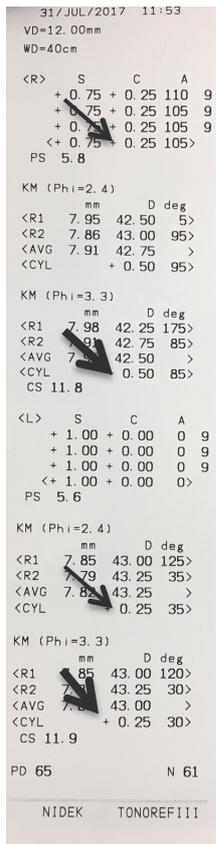


Figure 15 : Ticket de l'auto refractomètre : œil droit et œil gauche avec kératométrie. Œil droit astigmatisme total de +0.25D et cylindre cornéen de +0.50D à 95° déduit par la mesure des kératométries K1 et K2 soit cylindre interne de -0.25D et cylindre à corriger si nécessaire au cours d'une chirurgie de cataracte de +0.50D. Œil gauche cylindre total nul et cylindre cornéen de +0.25D.

Un calcul précis de la biométrie préopératoire et de la LIO sont des conditions préalables au résultat de réfraction optimal post opératoire. Actuellement il existe deux types d'instrumentations pour le calcul de la LIO : l'IOLMaster® (Zeiss) utilisé dans notre étude et le Lenstar® (Haag-Streit).

Le IOLMaster® prend 6 points de mesure sur un diamètre de 2,5mm, ce qui représente une mesure plus proche du centre donc plus fiable. Le Lenstar® utilise 32 points de mesure sur deux cercles, le plus central présentant un diamètre de 1,65mm.

Ce calcul précise une nouvelle fois la kératométrie, K1 et K2 et l'astigmatisme cornéen engendrant le choix de l'implant à poser.

Les LIO toriques et les incisions relaxantes contrecarrent la composante cornéenne de l'astigmatisme cornéen, tandis que la composante astigmatique cristallinienne disparaît lors de la PKE.

1.2.4 Prise en charge de l'astigmatisme au cours de la chirurgie de la cataracte

1.2.4.1 Correction par incision relaxante

Technique facile et rapide mais peu prédictible. La correction par une incision principale relaxante est efficace sur des astigmatismes de 0,75D maxima et ne peut corriger seulement un héli-méridien sauf si une deuxième incision relaxante opposée est réalisée.

Donc en cas d'astigmatisme faible, il sera possible de faire une incision élargie sur l'axe le plus cambré.

1.2.4.2 Correction par implants toriques

Le temps de la chirurgie est très peu augmenté et la technique chirurgicale est identique à une chirurgie avec implantation non torique.

Le repérage pré opératoire de l'axe de l'astigmatisme est indispensable. Le marquage de l'axe 0-180° sur l'œil du patient directement est effectué en préopératoire immédiat aidé d'un balancier et l'axe cible est repéré (Figure 16).

Chez tous les patients, l'objectif va être de minimiser l'effet de la cyclotorsion, c'est à dire le changement d'axe de l'astigmatisme du passage de la position assise à couchée et inversement³¹³².

Au cours de la chirurgie de la cataracte, on repère l'axe de l'astigmatisme et le positionnement de l'implant torique après injection intrasacculaire à l'aide d'un marqueur de Mendez. Il existe maintenant des aides à l'alignement. Le système Callisto de Zeiss effectue un repérage de l'axe sur l'écran du microscope et compense en permanence une cyclotorsion existante. L'axe est présenté au chirurgien dans les binoculaires du microscope par des lignes de couleurs (Figure 17). Un tracker permet de suivre les mouvements de l'œil. L'IOL master collecte les données biométriques, les images préopératoires, et les calculs d'implants transférés au microscope. Le chirurgien peut choisir la projection de l'axe en binoculaire ou monoculaire, œil dominant ou œil dominé, et pourra faire disparaître à volonté l'image projetée pour ne pas être gêné au cours de la chirurgie.



Figure 16 : Photographie du marquage manuel en préopératoire immédiat patient assis.

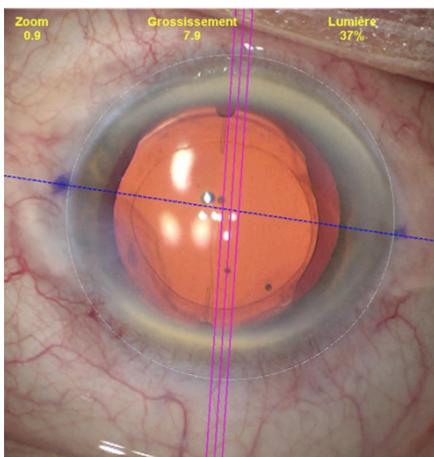


Figure 17 : Visualisation dans l'oculaire du chirurgien de l'axe 0-180° (ligne virtuelle bleue) concordant avec l'axe du marquage manuel (marquage marqueur bleu) et de l'axe de l'implant (3 lignes virtuelles roses).

Le résultat réfractif après implantation torique est dépendant de la rotation post opératoire de l'implant inséré. La rotation est influencée par la taille du capsulorhexis⁵¹⁴, le matériau de l'implant et son dessin.

Pour garantir la stabilité d'un implant torique intrasacculaire et éviter tout effet tilt ou rotation, il est nécessaire d'effectuer un capsulorhexis centré et de taille inférieure à celle de l'optique comme décrit précédemment. Le produit viscoélastique sous l'implant doit être bien aspiré pour éviter sa rotation secondaire. Les implants toriques sont donc insérés dans le sac cristallinien et mis en rotation à 3° près pour permettre la correction totale de l'astigmatisme. Les résultats sont prédictibles et il y a une bonne stabilité post opératoire connue. Il existe une rotation moyenne de l'implant en post opératoire de $2,2 \pm 2,2^{\circ 33}$. Cette rotation secondaire lorsqu'elle est de 10° diminue de 35% la correction de l'astigmatisme

pré opératoire, et une rotation de plus de 30° ne le corrige pas et peut induire un astigmatisme post opératoire. D'après l'ASCRS 2016²¹, une rotation de 10° reste acceptable. Le suivi post opératoire sera plus rigoureux dans la recherche de rotation de l'implant dont la technique est variable en fonction de l'établissement et du praticien avec fréquemment l'utilisation de l'OPD scan. Il existe un module « Toric IOL Summary » permettant de mesurer précisément l'erreur d'axe. Les marques situées sur l'implant sont bien visibles en rétro illumination (Figure 18). En alignant un réticule selon l'axe de ces marques, un logiciel calcule automatiquement la valeur de l'angle correspondant avec l'axe du méridien cornéen le plus cambré.

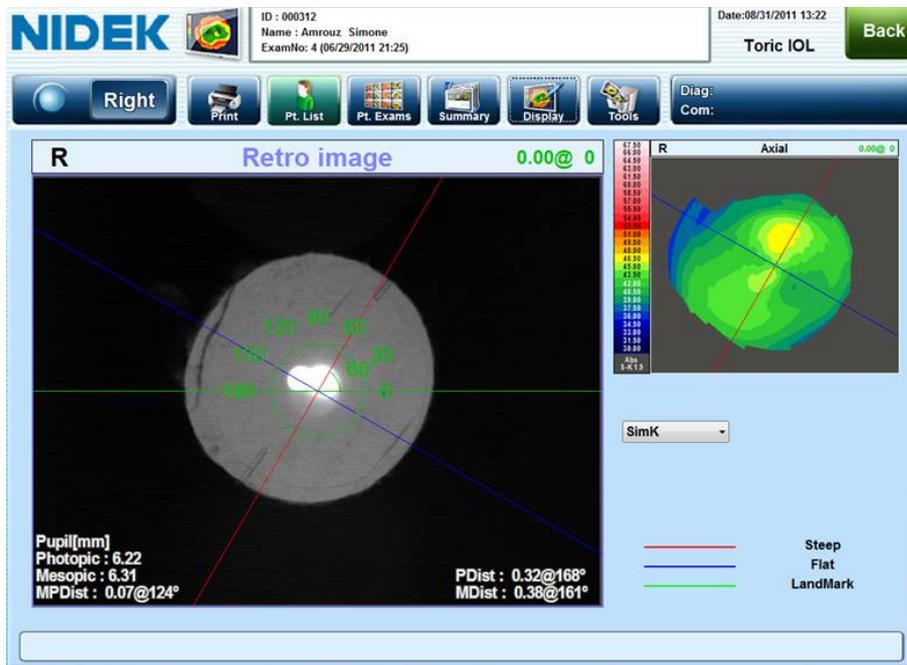


Figure 18 : Image acquise grâce au module "toric IOL summary" de l'OPD scan : vérification de visu du positionnement de l'implant toric AT lisa toric de ZEISS. Les marques sont alignées avec le méridien cornéen le plus cambré.

Les implants toriques peuvent être soit monofocaux soit multifocaux.

Chaque fabricant possède des caractéristiques propres et dispose d'un site web pour le calcul et la commande de ces implants toriques.

De plus en plus de LIO toriques sont fabriquées de nos jours. Les plus utilisées sont les suivantes : l'AT Torbi 709M Zeiss (Figure 19) est un implant acrylique hydrophile à surface hydrophobe, une optique asphérique avec correction cylindrique bitorique de +1D à +12D par pas de 0,5D. Nous utiliserons cet implant dans notre article. Le SN60T Alcon est un

implant acrylique hydrophobe avec une optique sphérique et asphérique de +1D à +4D. Le Technis Toric Abbott Medical Optics est un implant acrylique hydrophobe à optique asphérique corrigeant l'astigmatisme cornéen de +0,50D à +2,75D.

Les implants multifocaux s'insèrent également par une micro incision. On peut les diviser en deux catégories : les implants diffractifs et les implants réfractifs.



Figure 19 : AT torbi 709 de ZEISS avec marquage de l'axe de l'implant visualisable en post opératoire en rétroillumination.

Les implants toriques mono et multifocaux permettent de traiter des hauts degrés d'astigmatisme, jusqu'à 12D en théorie (implant AT Torbi 709 M, Zeiss) et jusqu'à 8D en pratique³⁴.

Ils n'engendrent pas d'astigmatisme irrégulier mais présentent un risque de distorsion lors de rotation secondaire ou de mauvais alignement peropératoire.

La discussion implants toriques versus incisions arciformes est primordiale pour les astigmatismes compris entre 0,75D et 1,25D. Concernant les astigmatismes de plus de 1,25D il sera le plus souvent préférable de mettre un implant torique car les techniques d'incisions arciformes sont encore peu prédictibles.

1.2.4.3 Correction par incisions arciformes

Les kératotomies arciformes sont le plus souvent utilisées pour des astigmatismes secondaires après greffe transfixiante.

Actuellement, les résultats obtenus sont encore peu prédictibles et reproductibles³⁵.

Il s'agit d'effectuer soit manuellement soit aidé par le laser femtoseconde deux incisions sur les méridiens les plus cambrés, à 180°. L'utilisation du laser femtoseconde pour la réalisation des incisions arciformes permet grâce à sa grande précision de réduire les écarts entre les paramètres prédéterminés par des nomogrammes et les caractéristiques des incisions³⁶.

1.2.4.3.1 Incisions arciformes manuelles

Les kératotomies arciformes (KA) étaient traditionnellement effectuées manuellement, en utilisant un couteau diamanté de profondeur fixe ou réglable. Sur la base de la procédure décrite par Langerman³⁷, le patient est sous anesthésie locale en décubitus dorsal, après marquage manuel de la localisation des incisions, adaptées au nomogramme choisi, une incision relaxante verticale limbique est créée avec la lame diamantée micrométrique en effectuant une rainure concentrique au limbe. La profondeur d'incision est adaptée en fonction de la pachymétrie prise par un pachymètre à ultrasons, généralement à 600 microns, soit environ 85% de l'épaisseur de la cornée périphérique avec une longueur de 3mm.

Les incisions arciformes manuelles sont très peu utilisées depuis le laser femtoseconde avec de meilleurs résultats réfractifs³⁸ du fait d'une meilleure systématisation.

1.2.4.3.2 Incisions arciformes femtosecond assisted : incisions arciformes avec effraction épithéliale ou incisions arciformes intrastromales

Avec l'introduction du laser femtoseconde, la précision des incisions arciformes, y compris la longueur, la profondeur et l'emplacement de l'arc, a été grandement améliorée par rapport aux incisions manuelles^{38,39,40}. Les patients atteints d'astigmatisme élevé, y compris l'astigmatisme post kératoplastie, peuvent obtenir d'excellents résultats^{38,41}. Les KA peuvent être soit avec effraction épithéliale soit intrastromales.

Depuis quelques années, l'utilisation de plus en plus fréquente du laser femtoseconde a permis d'effectuer des incisions intrastromales dont la prédictibilité du résultat réfractif reste encore à évaluer^{42,43}. De plus, les réponses sur l'efficacité et la stabilité restent aléatoires concernant les astigmatismes de plus de 2,5D.

Le déroulement opératoire est le suivant : Le patient est sous anesthésie topique en décubitus dorsal sous le laser femtoseconde. Le marquage cornéen manuel n'est pas nécessaire en pré opératoire. La pachymétrie est prise par le laser femtoseconde en peropératoire. Les résultats du nomogramme utilisé sont rentrés dans le laser. Les paramètres peuvent être ajustés en peropératoire par l'aide opératoire avec la possibilité de modification de la localisation des incisions et de leurs profondeurs en fonction de la visualisation de l'OCT en temps réel. Lorsque la chirurgie est combinée à une chirurgie de la

cataracte assistée par le laser femtoseconde, il n'y a pas d'augmentation de temps opératoire. Les incisions se font dans le même temps opératoire que l'incision principale et la paracentèse. Le chirurgien a ensuite la possibilité de laisser les incisions intactes, incisions arciformes intrastromales ou de les ouvrir en utilisant un crochet de Sinskey lors du deuxième temps chirurgical (Figure 3).

En fonction de la technique choisie, le nomogramme sera différent. La zone optique, la longueur de l'arc et la profondeur sont déterminées à l'aide de nomogrammes et ajustées pour l'âge du patient. Le nomogramme le plus largement mis en œuvre pour la planification des incisions arquées est le nomogramme de Lindstrom modifié.

L'utilisation de nomogrammes bien systématisés est nécessaire pour apporter la preuve de la stabilité de la correction. Le chirurgien adaptera sa pratique. Il existe pour certains nomogrammes un logiciel sur internet permettant le calcul de la localisation, la profondeur et la longueur des incisions arciformes. Les plus utilisés pour les incisions arciformes avec effraction épithéliale sont le DONO et le NAPA.

Concernant la stabilité de la correction au cours du temps, il a été retrouvé une régression de 0,09D pour la correction de l'astigmatisme à six mois⁴⁴ lors de correction par incisions arciformes intrastromales ($p > 0,05$). Nous savons que les incisions relaxantes ont une diminution de l'efficacité entre la deuxième et la dixième semaines puis restent stables⁴⁵. Ces données sont confortées par l'équipe de Chan en 2016 montrant un maintien de la correction pendant deux ans⁴³. Il y a très peu d'études à propos de la régression de la correction de l'astigmatisme.

Une preuve indirecte de la stabilité des incisions arciformes périphériques est l'absence d'augmentation d'aberration de hauts degrés. En effet peu d'augmentation d'aberration optique de hauts degrés n'a été retrouvée, donc peu d'astigmatismes irréguliers résiduels et plus particulièrement lors d'incisions périphériques avec un diamètre de 8mm⁴³.

Les complications post opératoire lors de KA intrastromales sont très faibles. Parmi les complications rapportées dans la littérature, nous retrouvons un cas⁴⁶ de perforation antérieure ayant entraîné en post opératoire une erreur réfractive et quelques cas de rupture postérieure^{47,48}. Ces échecs de KA par le laser femtoseconde est probablement dû à un lâchage du docking au cours du laser. Malgré la mesure de la pachymétrie en

peropératoire par l'OCT, une équipe⁴⁸ en 2011 a décrit un cas de rupture postérieure de l'incision. La présence d'une bulle d'air en chambre antérieure a amené le chirurgien à ne pas ouvrir en totalité l'incision effectuée considérant l'incision arciforme transfixiante et limitant ainsi les complications post opératoires.

Il existe un risque plus faible de complications associées à la kératotomie manuelle, comme la déhiscence de la plaie, l'invasion épithéliale et l'infection⁴⁹. Meltendorf et al.^{50,51} ont examiné la réponse cornéenne après une kératotomie au laser de femtoseconde purement intrastromale et après traitement par PhotoKératectomie réfractive (PKR) dans des cornées de lapin. Contrairement aux cornées après PKR, aucune différenciation des kératocytes en fibroblastes et aucune cicatrice stromale fibrotique, ou haze, n'a été détectée après une incision intrastromale isolée⁵¹. Ils n'ont pas observé de signes histologiques d'infection ou d'inflammation après kératotomie intrastromale. Ces résultats indiquent une réponse adaptée de guérison des plaies par l'absence l'induction de la cytokine profibrotique TGF-beta1⁵⁰, ce qui favorise l'utilisation de cette technique dans l'usage clinique.

L'incision arciforme intrastromale est une approche novatrice et offre des avantages non négligeables concernant les complications sur les incisions manuelles et les incisions avec effractions épithéliales. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à la correction de l'astigmatisme en peropératoire de chirurgie de la cataracte par des KA intrastromales.

1.2.5 Prise en charge post opératoire : la topographie cornéenne et l'OCT du segment antérieur

1.2.5.1 L'OCT du segment antérieur

La tomographie en cohérence optique, *optical coherence tomography* (OCT), technique d'interférométrie avec émission d'ondes lumineuses, est largement utilisée en segment postérieur et pour la première fois en 1994^{52,53} dans le segment antérieur avec une longueur d'onde de 820nm. Depuis 2001, un OCT d'une longueur d'onde de 1 310 nm réalisant 2 048 acquisitions par seconde permet une visualisation optimale du segment antérieur de limbe à limbe (Figure 20).

L'exploration du segment antérieur par OCT, l'OCT-SA Visante® ou le SL-OCT™, longueur d'onde de 1310nm, effectue une coupe de tout le segment antérieur et de toutes les couches cornéennes déterminant ainsi la localisation exacte de dépôts, de dystrophies ou taies cornéennes.

Dans la surveillance post opératoire, il est commun d'effectuer un OCT au niveau des incisions arciformes pour évaluer la profondeur, l'effraction épithéliale ou non, la largeur et la longueur des incisions (Figure 21).

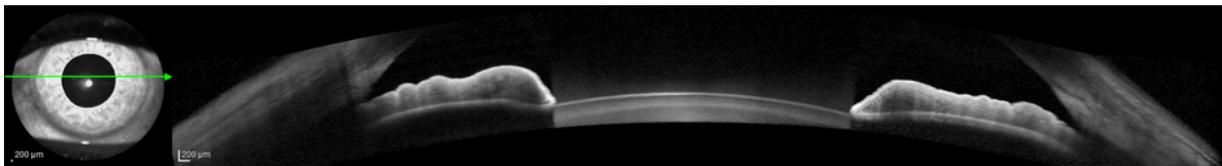


Figure 20 : OCT du segment antérieur de limbe à limbe à l'aide d'optiques additionnelles placées sur un OCT spectral domain : visualisation de l'angle irido-cornéen, la capsule antérieure et les corps ciliaires.

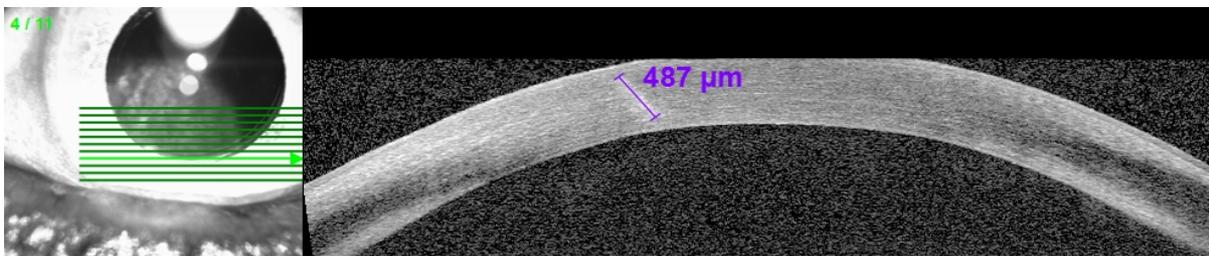


Figure 21 : OCT du segment antérieur avec visualisation des différentes couches cornéennes et d'une incision arciforme intrastromale en inférieure de la cornée de 487µm en longueur, isodense à l'épithélium.

1.2.5.2 La caméra Scheimpflug

La caméra Scheimpflug est utilisée pour la biométrie de segment antérieur depuis les années 1990⁵⁴. Elle augmente la profondeur de champ sur une coupe biomicroscopique engendrant une image nette sur l'apex cornéen. Plusieurs systèmes ont été développés comme les lampes à fente photographiques Topcon SL-45 ou Nidek EAS-1000. Le Pentacam® est un examen non contact qui enregistre entre 12 et 50 images en 2 secondes utilisant une lumière bleue à 475nm (Figure 22). Le Pentacam® est nécessaire en post opératoire de

chirurgie de la cataracte avec visée réfractive visualisant l'astigmatisme résiduel post opératoire. Couplé à la caméra Scheimpflug, il permet de visualiser les incisions arciformes intrastromales.

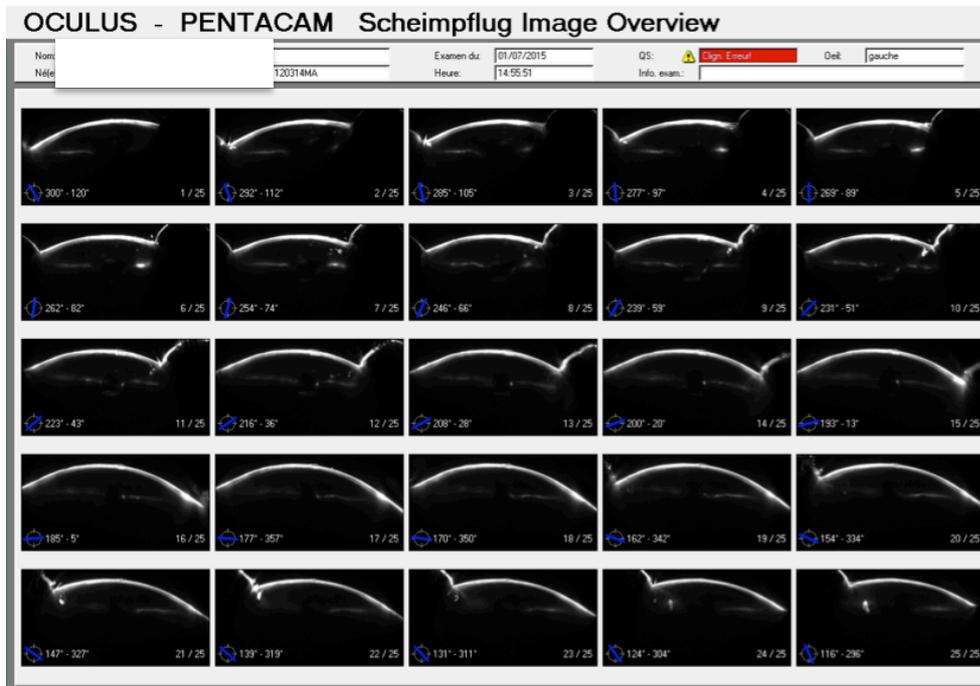


Figure 22 : Clichés de la caméra Scheimpflug du Pentacam[®] permettant la visualisation de la cornée.

1.2.6 Conséquence d'un astigmatisme résiduel après chirurgie de la cataracte

Après chirurgie de la cataracte, s'il persiste un astigmatisme, quelque soit ses caractéristiques, le patient va avoir une baisse d'acuité visuelle à toutes distances. Il pourra présenter des phénomènes photiques comme éblouissement ou halos en fonction du type d'astigmatisme et de son degré^{22,23}. D'après Ferrer Blasco, plus de 40% ont plus de 0,75D²⁴ d'astigmatisme en post opératoire. L'astigmatisme chirurgicalement induit est faible depuis l'avènement des micro incisions de moins de 2,2mm⁵⁵ et le capsulorhexis recouvrant les optiques.

La correction de l'astigmatisme se fait seulement sur l'astigmatisme cornéen, il est important de le prendre en compte en pré opératoire.

2 OBJECTIF

L'objectif de cette étude est de comparer l'efficacité, dans la correction de l'astigmatisme significatif, des kératotomies arciformes périphériques intrastromales versus les implants toriques de chambre postérieure lors de la chirurgie de la cataracte assistée par le laser femtosecond.

3 MATERIEL ET METHODE

3.1 Critères d'inclusions et d'exclusions

Il s'agit d'une étude prospective, randomisée, en simple aveugle, mono centrique, réalisée entre le 1^{er} mai 2016 et le 1^{er} mai 2017 à l'hôpital de la TIMONE, Marseille, France.

Les patients inclus étaient des patients souhaitant bénéficier d'une chirurgie de la cataracte bilatérale, ou phacoémulsification (PKE), porteurs d'un astigmatisme cornéen bilatéral supérieur ou égal à 0,75D, avec une longueur axiale entre 21mm et 26mm. Les patients ont été inclus de manière aléatoire dans chaque bras : un œil dans le bras LIO monofocal torique et l'autre œil dans le bras LIO monofocal et KA intrastromales.

Etaient exclus les chirurgies du cristallin clair, une mauvaise dilatation irienne, tout antécédent de pathologies rétiniennes et/ou cornéennes (opacité cornéenne et astigmatisme irrégulier) ou toute autre cause de baisse d'acuité visuelle. Les patients ayant présenté une complication per opératoire ont été exclus secondairement.

3.2 Protocole chirurgical

En pré opératoire, tous les patients ont bénéficié d'un examen ophtalmologique complet sans puis avec dilatation pharmacologique de la pupille. Etaient notés la meilleure acuité visuelle mono et binoculaire en LogMAR, les données de l'auto-réfractomètre (réfraction objective, subjective et kératométrie) ainsi que l'astigmatisme réfractif subjectif. Une imagerie Pentacam avec pachymétrie, kératométries soit K1 et K2, et astigmatismes kératométriques étaient relevés. La puissance de l'implant Zeiss monofocal CT ASPHINA 509M/MP (ZEISS, Marly-le-Roi, France) nécessaire était déterminée à l'aide du IOL master, formule SRK/T constante A=117,9 ; celle de l'implant Zeiss torique AT TORBI 709M/MP grâce au logiciel Z CALC (<https://zcalc.meditec.zeiss.com/zcalc>, société Carl Zeiss Meditec AG), formule Haigis constante A=118,3.

Toutes les chirurgies ont été réalisées par 2 chirurgiens expérimentés, sous anesthésie topique à l'aide de chlorhydrate d'oxybuprocaine 1,6mg / 0,4ml (Théa, Clermont-Ferrand, France): cinq gouttes 5 minutes avant l'intervention, et de chlorhydrate de tetracaïne 1%, (Novartis Pharma, Rueil-Malmaison, France): deux gouttes 2 minutes avant l'intervention. Une mydriase a été obtenue par instillation de tropicamide 0,8% et phényléphrine

hydrochloride 5% topiques, une goutte instillée à 2 reprises à 5 minutes d'intervalle dans l'œil concerné.

Le marquage pré opératoire de l'axe 0-180° était effectué pour tous les yeux à l'aide d'un marqueur pré opératoire LIO torique avec niveau à bulle (Moria, Antony France), patient en position assise.

Une désinfection cutanée était réalisée par une solution iodée: Bétadine oculaire 5% (Meda Pharma, Bruxelles, Belgique), respectant un temps de contact de 2 minutes. La chirurgie s'effectuait en deux étapes : la phase de préparation au laser femtoseconde laser VICTUS (figure 1) dans une première salle dédiée puis la deuxième phase de chirurgie de la cataracte, ou PKE proprement dite, dans une seconde salle opératoire. Ces deux phases opératoires étaient effectuées par le même chirurgien.

La première étape de la chirurgie assistée par laser était réalisée après la pose d'un anneau de succion centré sur l'axe pupillaire : capsulorhexis, fragmentation cristallinienne, puis incision principale et contre incision étaient successivement réalisées. Dans le bras KA intrastromales, les incisions étaient réalisées en fonction du nomogramme⁵⁶ (figure 23) et adaptées en peropératoire à l'aide de la tomographie par cohérence optique (OCT) couplée au laser femtoseconde. L'OCT peropératoire permet la vérification des «zones de sécurité» : couche de Bowman et couche des cellules endothéliales.

Secondairement, le patient était transféré dans une deuxième salle de bloc opératoire pour effectuer les dernières étapes de la phacoémulsification. Le patient recevait soit un implant Zeiss monofocal CT ASPHINA 509M/MP avec l'injecteur BLUEMIXS[®] 180 soit un implant torique AT TORBI 709M/MP de Zeiss. L'axe de l'implant torique était vérifié à l'aide de l'anneau de Mendez (Moria, Antony France). Une deuxième vérification après retrait du produit viscoélastique en chambre antérieure était effectuée. En fin d'intervention, 1mg de cefuroxime 50mg (Aprokam, Théa, Clermont-Ferrand France) dilué dans 0,1ml d'une préparation hospitalière était injecté en intra chambre antérieure.

En post opératoire, les patients étaient traités par Dexaméthasone (Dexafree TM, Alcon, Rueil-Malmaison, France) topique 3 fois par jour pendant 1 mois, Azythromycine topique (Azyter[®] 15mg/g, Théa) 2 fois par jour pendant 3 jours, anti inflammatoire topique (Yellox[®] 0,9mg/ml, Croma, Paris France) 3 fois par jour pendant 15 jours et substituts lacrymaux 4 fois par jour. Un contrôle était réalisé à J7, M1 et M2 postopératoire pour vérifier le bon

positionnement de l'implant, la mesure de la réfraction automatique et l'absence de complications notamment infectieuses. Etaient notés la meilleure acuité visuelle corrigée en LogMAR, l'astigmatisme réfractif subjectif résiduel, l'astigmatisme kératométrique résiduel, la présence de complications postopératoire. Un Pentacam et une tomographie par cohérence optique du segment antérieur étaient effectués.

3.3 Nomogramme utilisé

Le nomogramme utilisé (figure 23) permet de déterminer les paramètres des incisions arciformes intrastromales réalisées à l'aide du laser femtoseconde⁵⁶.

Toutes les incisions intrastromales présentaient une zone optique de 8,0 mm de diamètre centrée sur l'axe pupillaire. Les incisions étaient intrastromales, sans pénétration, avec une profondeur entre 20% et 80% de la pachymétrie cornéenne mesurée localement par la tomographie par cohérence optique intégrée au système laser. Concernant les autres paramètres, l'angle de coupe latérale était de 90 degrés; l'espacement des impacts horizontaux et verticaux de 5 mm et 10 mm respectivement et l'énergie d'impulsion de 5 mJ.

Step 1	Step 2		Step 3		Step 4	
Preoperative Corneal Cylinder (D)	If value is, unadjusted arc length is:		Age adjustment, add:		Astigmatism type adjustment, add:	
Multiple value by 1.3	<0.50	0 degrees	<40 years	15 degrees	Against-the-rule	+5 degrees
	0.50 to 0.74	25 degrees	40-49 years	10 degrees	Oblique	0 degrees
	0.75 to 0.99	30 degrees	50 to 59 years	5 degrees	With-the-rule	-5 degrees
	1.00 to 1.24	40 degrees	60 to 69 years	0 degrees		
	1.24 to 1.49	50 degrees	70 to 79 years	-5 degrees		
	1.50 to 1.74	60 degrees	80 to 89 years	-10 degrees		
	1.75 to 1.99	65 degrees	90+ years	-15 degrees		
	2.00 to 2.24	70 degrees				
	2.25 to 2.49	75 degrees				
	2.50 to 2.74	80 degrees				
	2.75 to 2.99	85 degrees				
3.00+	90 degrees					

Examples:

a) 50 years old, 1.0 diopters cylinder (DC) preoperatively at 90 degrees: Step 1: $1.0 \times 1.3 = 1.3$; Step 2: = 50 degrees unadjusted; Step 3: add 5 degrees = 55 degrees; Step 4: minus 5 degrees = program symmetric 50-degree paired arcs at 90-degree and 270-degree meridian, at 8.0 mm diameter, limbus centering.

b) 50 years old, 1.5 DC preoperatively at 90 degrees: Step 1: $1.5 \times 1.3 = 1.95$; Step 2: = 65 degrees unadjusted; Step 3: add 5 degrees = 70 degrees; Step 4: minus 5 degrees = program symmetric 65 degrees paired arcs at 90-degree and 270-degree meridian, at 8.0 mm diameter, limbus centering.

c) 50 years old, 1.5 DC preoperatively at 180 degrees: Step 1: $1.5 \times 1.3 = 1.95$; Step 2: = 65 degrees unadjusted; Step 3: add 5 degrees = 70 degrees; Step 4: add 5 degrees = program symmetric 75 degrees paired arcs at 180-degree and 0-degree meridian, at 8.0 mm diameter, limbus centering.

Figure 23 : Nomogramme utilisé tiré de l'article de l'équipe de A.C. Day and all : Nonpenetrating femtosecond laser intrastromal astigmatic keratotomy in eyes having cataract surgery.

3.4 Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R studio et des packages additionnels ggplot2, dplyR, tidyr. Les caractéristiques des patients de l'étude ont été exprimées en pourcentage pour les variables qualitatives et quantitatives discontinues, et en moyenne, écart-type, minimum et maximum pour les variables quantitatives continues. Pour tous les calculs concernant les acuités visuelles nous avons utilisé des acuités visuelles LogMAR. Compte-tenu du faible nombre d'observations, nous avons utilisé des tests non paramétriques : les analyses comparatives ont été réalisées avec le test de Wilcoxon apparié. Les résultats au seuil de 5% ont été retenus comme significatifs.

4 RESULTATS

Au total, nous avons inclus 11 yeux de 6 patients de 70,5 d'âge moyen entre mai 2016 et mai 2017. Le sex ratio était de 2 en faveur des femmes (4/2). Le tableau 1 montre les données démographiques et les paramètres oculaires biométriques. Un patient a été perdu de vue et la chirurgie du deuxième œil n'a donc pu être réalisée.

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les paramètres biométriques dans les deux groupes de patients. La pachymétrie moyenne dans le groupe LIO torique et KA est respectivement de 546,33 μ m et de 546,17 μ m. La kératométrie est de K1 = 41,8D ([38,4D à 44,9D]) K2 = 44,67([43,4D à 46,5D]) pour le groupe LIO torique et de K1 = 41,98D ([38,2D à 44D]) K2 = 44,27([43,3D à 46,8D]) pour le groupe KA. Les implants ont une puissance sphérique de 8,50 à 22,50D les deux bras confondus avec une moyenne de 15,4D bras LIO torique et 18,33D bras KA.

L'astigmatisme moyen initial est de 3,25D ([1,5 à 5D]) dans le bras LIO torique, et de 2,25D ([0,75 à 5D]) dans le bras KA. La figure 24 montre la distribution pré opératoire de l'astigmatisme réfractif et l'astigmatisme topographique mesuré au Pentacam séparés en trois groupes, dits astigmatisme faible, de moins de 1,5D, modéré et élevé, de plus de 2,5D.

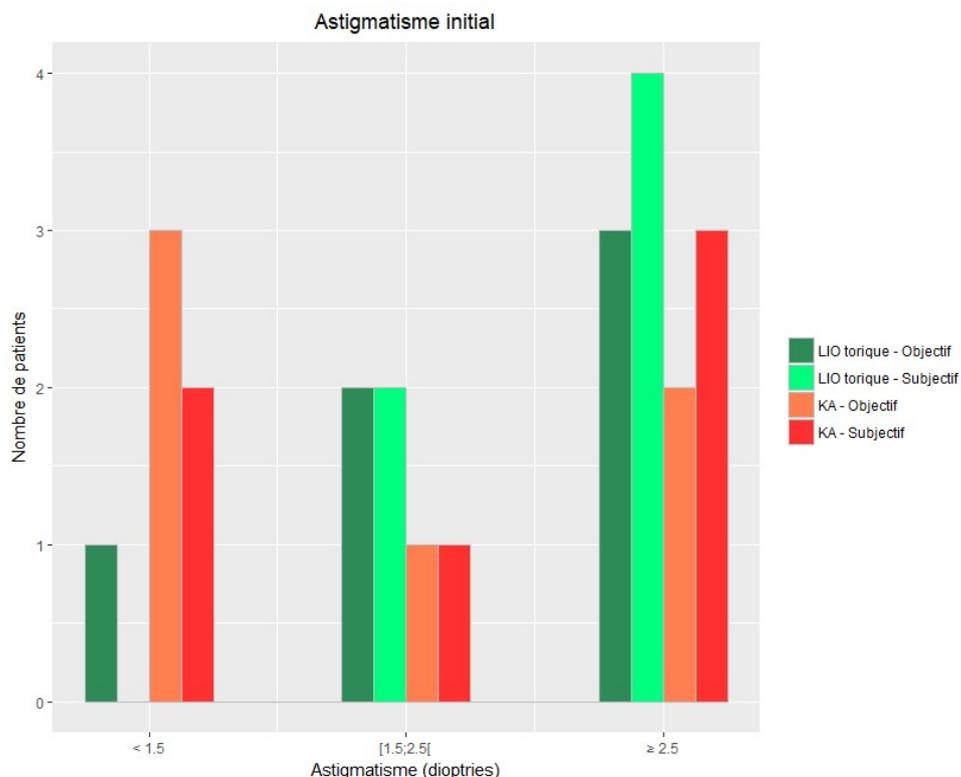


Figure 24 : Distribution de l'astigmatisme subjectif et objectif mesuré par le pentacam préopératoire dans le bras LIO torique et le bras KA.

Tableau 1 : Caractéristiques démographiques et biométriques des patients

<i>N = 6</i>	<i>n (%)</i>	<i>Moyenne (min – max)</i>
Age		70,50 (56 – 82)
Sexe		
Femme	4 (66,67%)	
Homme	2 (33,33%)	
ATCD ophtalmologiques		
Oui	2 (33,33)	
• Trabeculectomie	1	
• Cornéa guttata	1	
Aucun	4(66,67%)	
ATCD médicaux		
HTA	6	
DNID	4	
Motivation		
Faible	1	
Modere	3 (50%)	
Important	2	
Gène fonctionnelle		
BAV	5	
Diplopie	1	
Caractéristiques biométriques par bras		
• Astigmatisme initial (D)		
Bras LIO torique		3,25(1,5-5)
Bras KA		2,25(0,75-5)
• MAVC initiale (logMAR)		
Bras LIO torique		0,33(0,2-0,5)
Bras KA		0,37(0,1-0,7)
• Pachymétrie (µm)		
Bras LIO torique		546,33(519-620)
Bras KA		546,17(481-609)
• K1 (D)		
Bras LIO torique		41,8 (38,4-44,9)
Bras KA		41,98(38,2-44)
• K2 (D)		
Bras LIO torique		44,67 (43,4-46,5)
Bras KA		44,27 (43,3-46,8)
• Longueur axiale (mm)		
Bras LIO torique		25,31(23,2-27,3)
Bras KA		25,31(23,08-28,7)
• Puissance de la LIO (D)		
Bras LIO torique		15,4(8,50-22,5)
Bras KA		18,33(9-22)

LIO : lentille intra oculaire, KA : kératotomie arciforme, MAVC : meilleure acuité visuelle corrigée, D : dioptrie, K : kératométrie

Toutes les KA intrastromales ont été réalisées de manière complète. Un patient a eu un lâchage de succion au cours de la réalisation des KA entraînant son déplacement avec en conséquence échec un astigmatisme irrégulier en post opératoire. Aucun cas de perforation antérieure ou postérieure n'a été rapporté.

Sept jours après la chirurgie, les incisions intrastromales étaient à peine visibles à l'examen du segment antérieur. Sur la tomographie à cohérence optique, (Figure 25) une zone d'hyper réflectivité était visible, isodense à la couche des cellules épithéliales.

La tomographie à cohérence optique a été réalisée chez tous les patients. Les incisions intrastromales étaient détectables à 1 mois post opératoire (Figure 27). L'objectif du nomogramme était de placer l'incision entre 20% et 80% de la pachymétrie mesurée en peropératoire. L'épaisseur de la KA était stable au cours du premier mois de suivi comme la montre la figure 26 et 27. Chez ce patient la KA inférieure est mesurée à 487um à 7 jours et 435um à 1 mois avec une bande de réflectivité stable au cours du mois de suivi.



Figure 25 : OCT au niveau d'une KA intrastromale. KA isodense à l'épithélium cornéen.

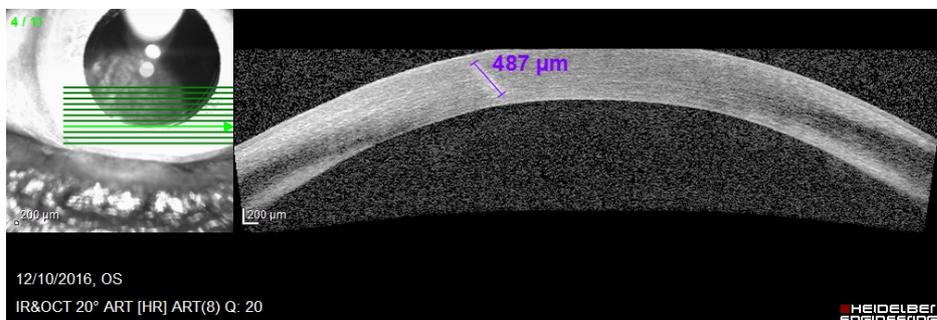


Figure 26 : OCT à J7 post opératoire. Epaisseur de la KA intrastromale de 487um.

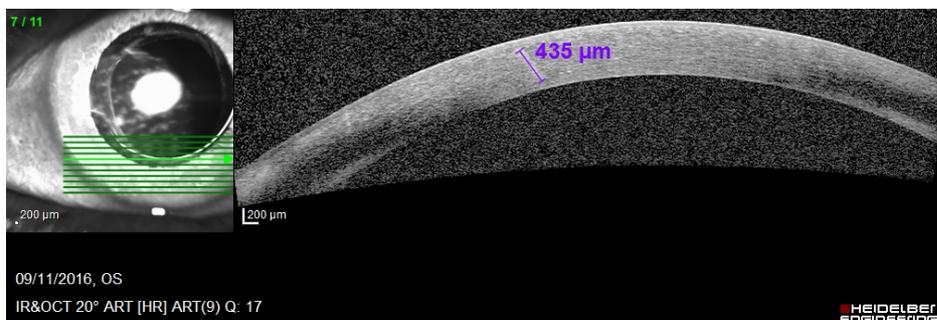


Figure 27 : OCT à M1 post opératoire. Epaisseur de la KA intrastromale de 435ul.

La figure 28 représente l'évolution du critère de jugement principal soit l'astigmatisme subjectif résiduel dans les 2 bras, en fonction du temps. On observe une tendance à la supériorité de la correction de l'astigmatisme par LIO torique sur les KA à 7 jours et à 1 mois, non significative ($p=0.062$ et $p=0.097$ respectivement). Le gain de correction d'astigmatisme est de 1,7D dans le groupe LIO torique et de 0,83D dans le groupe KA à 7 jours et 1 mois. L'astigmatisme initial moyen était en pré opératoire de 3,25D dans le bras LIO torique, et de 2,25D dans le bras KA. Il persiste dans les deux bras un astigmatisme moyen de 1,2D et de 1,42D respectivement (figure 28).

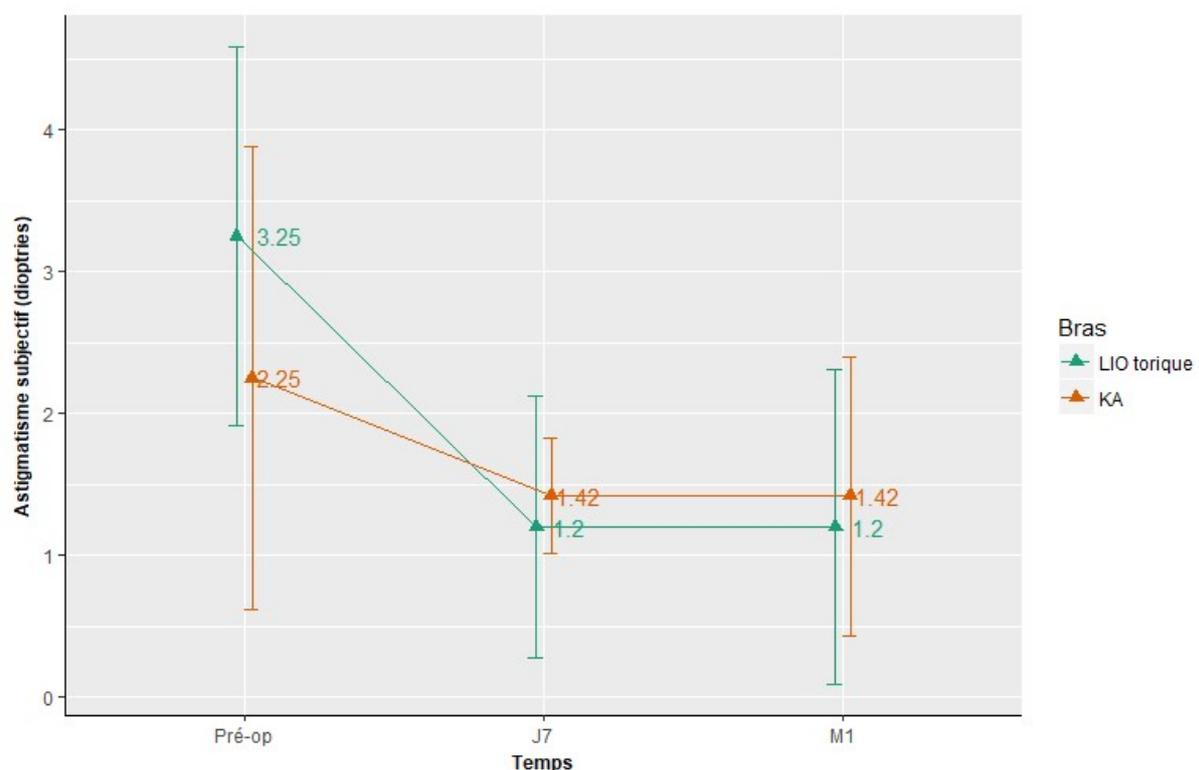


Figure 28 : Graphique représentant l'évolution de l'astigmatisme subjectif en dioptries au cours du temps : écart-type et moyenne dans les deux bras.

Dans les deux bras, on observe une diminution de l'astigmatisme résiduel ainsi qu'une amélioration de l'acuité visuelle corrigée, avec une moyenne de 0,12 LogMAR dans le bras LIO torique et de 0,15 LogMAR dans le bras KA ($p>0,05$), soit 7 dixièmes pour les deux bras (figure 29).

L'acuité visuelle moyenne était en pré opératoire de +0,33 LogMAR soit 5/10 faible dans les 2 bras. En post opératoire, à J7, l'acuité visuelle moyenne est de 0,2 LogMAR soit 6,3/10, et à 1 mois à 0,13 LogMAR. Plus de la moitié des patients (60 % pour le groupe LIO torique et 83,3% pour le groupe KA) ont plus de 8/10. Tous les patients ont présenté une amélioration de l'acuité visuelle.

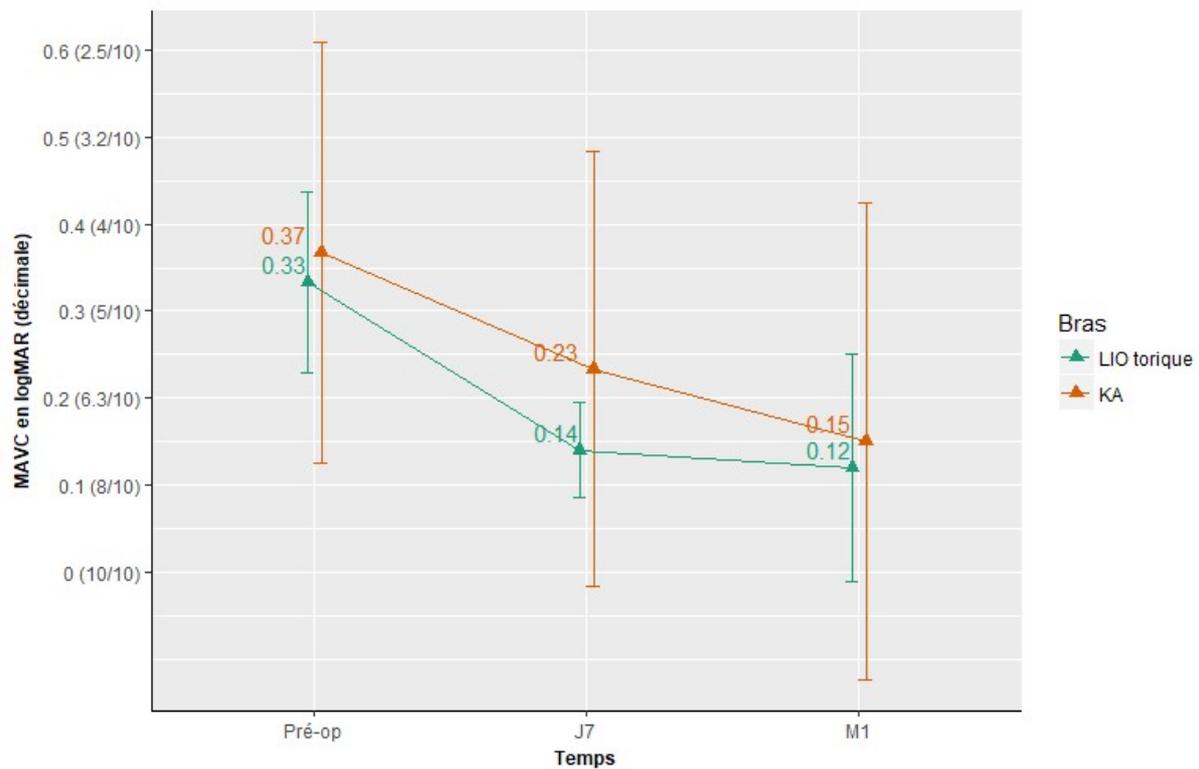


Figure 29 : Graphique représentant le MAVC au cours du temps en LogMAR et en décimale : écart-type et moyenne dans les deux bras.

Aucun patient n'a signalé d'éblouissement ou halos lumineux à 7 jours ni à 1 mois. Aucune complication mécanique et inflammatoire post opératoires n'ont été retrouvées dans les deux bras jusqu'à un mois post opératoire.

Quelle que soit la technique utilisée, plus l'âge est élevé moins la correction de l'astigmatisme est efficace avec un coefficient de corrélation de Pearson de -0,97 et -0,96 dans le bras LIO torique et le bras KA, non statistiquement significatif (figure 30 et 31).

Il n'y a pas d'effet de la pachymétrie sur la correction de l'astigmatisme dans les deux bras.

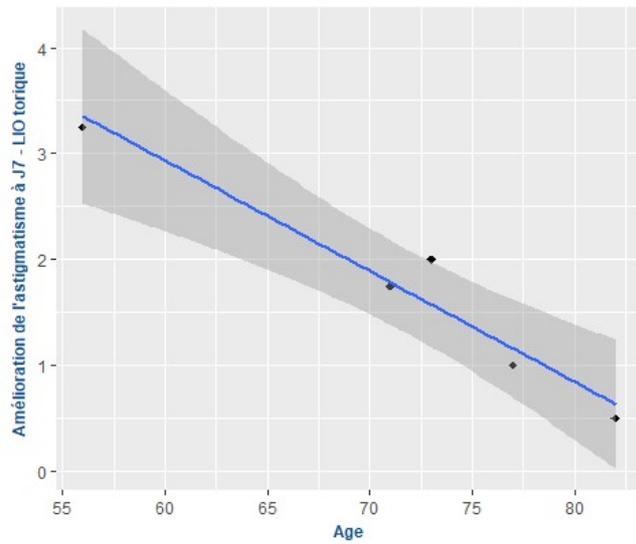


Figure 30 : Courbe représentant l'effet de l'âge sur la correction de l'astigmatisme dans le bras LIO torique avec un coefficient de corrélation de -0,97.

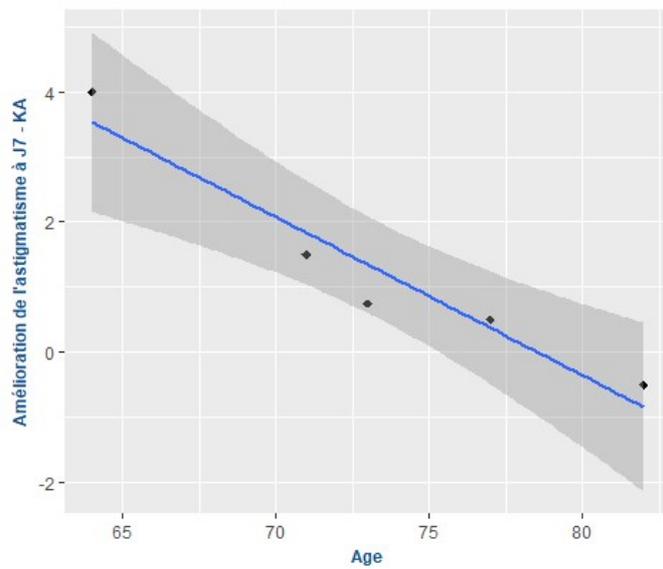


Figure 31 : Courbe représentant l'effet de l'âge sur la correction de l'astigmatisme dans le bras KA avec un coefficient de corrélation de -0,96.

5 DISCUSSION

La correction de l'astigmatisme cornéen est devenue indispensable dans la chirurgie de la cataracte, dont l'objectif est désormais l'emmétropie pour le patient²². En effet, l'acuité visuelle post-opératoire est limitée, et les symptômes visuels indésirables, tels que les halos visuel²³, sont plus importants chez les patients avec un astigmatisme cornéen postopératoire persistant.

La prévalence de l'astigmatisme dans la littérature reste variable. Ferrer Blasco a montré dans une étude récente portant sur 4540 yeux²⁴ que seulement 13% n'ont aucun astigmatisme en pré opératoire. Environ un tiers²⁵ à près de la moitié^{26,24} des yeux avant une chirurgie de la cataracte ont un astigmatisme cornéen supérieur à 1,0D et 8%²⁵ à 13%²⁶ ont plus de 2,0D. Ces résultats ont été confortés par l'équipe d'Hoffer²⁷, en 2009, où plus de 20% des patients ont un astigmatisme de plus de 1,50D. Or, d'après l'ASCRS²⁸, seulement 9% des yeux bénéficient d'un implant torique.

L'âge moyen de notre série est de 70,5 ans, ce qui est comparable avec la moyenne nationale de la chirurgie de la cataracte en France⁵⁷. Il existe une proportion plus importante de femme dans notre série, suivant une tendance décrite dans d'autres études²⁴.

Les techniques de correction ont été longtemps limitées aux incisions manuelles, incisions axiales (avec ou sans incision cornéenne opposée), kératectomies radiales et incisions arciformes. Le chirurgien a maintenant le choix entre une correction par méthode incisionnelle manuelle, assistée par le laser femtoseconde ou par implantation d'une LIO torique. Le choix de la technique chirurgicale dépend essentiellement de la magnitude de l'astigmatisme, des habitudes du chirurgien ainsi que du matériel disponible dans le centre d'exercice. Cependant, une bonne connaissance des indications et une technique chirurgicale rigoureuse sont indispensables pour garantir un résultat satisfaisant.

La technique incisionnelle arciforme est simple, peu invasive effectuée à l'aide d'un kératome mécanique^{39,58} ou du laser femtoseconde⁵⁹. Les difficultés techniques telles que la prévisibilité de l'incision et les complications telles que la perforation³⁹, la cicatrisation, l'infection⁴⁹ et l'inflammation sont des variables limitantes qui peuvent être palliées par la technique d'incision intrastromale automatisée. Nous savons que la réalisation des incisions

par le laser femtoseconde génère une géométrie précise, une profondeur d'incision fiable⁵⁹ et une précision de centrage sur le méridien cambré non réalisable manuellement³⁹. L'utilisation du laser femtoseconde dans la chirurgie de la cataracte permet de faciliter la planification des KA intrastromales, la correction de l'astigmatisme étant directement réalisée au cours de l'intervention et sans supplément de coût. La plupart des études publiées portent sur la correction de l'astigmatisme post-kératoplastie^{38,58-60} et les études concernant les KA intrastromales lors de chirurgie de la cataracte^{42,40,44,46,61} restent encore rares. L'incision arciforme intrastromale est une approche novatrice et offre des avantages non négligeables concernant les complications sur les incisions manuelles et les incisions avec effractions épithéliales. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à la correction de l'astigmatisme en per opératoire de chirurgie de la cataracte par des KA intrastromales.

La LIO torique représente actuellement une méthode alternative à la technique incisionnelle pour la correction de l'astigmatisme modéré à élevé. Après l'introduction sur le marché de la première LIO sphéro-cylindrique en 1988, de nouveaux modèles d'implant ont été développés. En 1994, Shimizu⁶² décrit en premier l'usage des LIO toriques en clinique et cette dernière a fait preuve de son efficacité dans de nombreuses séries par la suite^{63,64,65,66}. La mise en place d'une LIO torique a pour objectif de surmonter les complications liées à la technique incisionnelle en permettant l'emmétropie. Son coût est largement compensé par l'économie faite sur l'achat des verres correcteurs de loin²². La mise d'une LIO torique est une technique largement pratiquée par les chirurgiens et facile d'apprentissage ne nécessitant pas nécessairement l'assistance du laser femtoseconde. Les limites de cette technique sont l'absence de précision de l'alignement de l'implant et la rotation secondaire non prédictible³³. En effet, la performance réfractive dépend de la mesure préopératoire, et principalement du bon alignement de la LIO per opératoire et de sa stabilité dans le sac⁶⁷. L'identification automatisée du méridien cornéen horizontal 0-180° à l'aide de nouvelles technologies basées sur la réalité augmentée permet théoriquement d'optimiser l'alignement de l'implant et le résultat réfractif final. Elles ont montré leur efficacité dans les études de Miyata et al.⁶⁸ qui ont utilisé la topographie cornéenne pour améliorer la précision du marquage de l'axe d'implantation. Actuellement l'utilisation du Callisto® (Zeiss) permet une reconnaissance conjonctivale suite à l'acquisition en consultation préopératoire d'une image oculaire lors de la biométrie par IOL Master 700® (Zeiss). Le mode Callisto®

automatique réalise un repérage entre la photographie des vaisseaux limbiques préopératoire, en position assise, et l'image sous microscope opératoire, en décubitus, pour tenir compte de la cyclotorsion naturelle de l'œil et permettre une meilleure précision dans l'alignement de la LIO torique.

Dans notre étude prospective randomisée, l'objectif principal était de comparer les deux techniques chirurgicales par une évaluation des résultats réfractifs et visuels.

Dans les deux groupes, une augmentation de l'acuité visuelle corrigée a été enregistrée dans les deux bras sans différence significative entre les groupes ($p > 0,05$) (figure 29).

Le cylindre subjectif résiduel après 1 mois de suivi est de 1,2D dans le bras LIO torique et de 1,42D dans le bras KA (figure 28). Dans notre étude, il existe une correction supérieure de l'astigmatisme dans le bras IOL torique par rapport au bras KA, mais de manière non significative ($p < 0,1$). Les figures 28 et 29 montrent une stabilité de la correction entre le septième jour post opératoire un mois.

La persistance d'un astigmatisme résiduel post opératoire lors de la réalisation de KA s'explique par le fait que le nomogramme utilisé est sous-correcteur de 30% pour minimiser le risque de sur-correction significative. Or dans notre étude, nous avons retrouvé une correction de seulement 40% de l'astigmatisme total par les KA. Cette étude a montré que les KA intrastromales réduisent l'astigmatisme cornéen préexistant en utilisant ce nomogramme choisi quelque soit le degré d'astigmatisme, mais de manière plus importante pour un astigmatisme préopératoire de plus de 1,5D. Une adaptation du nomogramme tenant compte de cet effet sous-correcteur est donc nécessaire. Dans le bras LIO torique, 60% de l'astigmatisme préopératoire a été corrigé en post opératoire à 1 mois.

Aucune corrélation n'est retrouvée entre la pachymétrie et l'efficacité de la correction par KA intrastromale. En revanche, il existe une forte corrélation entre l'âge et la correction de l'astigmatisme subjectif à 7 jours. Le coefficient de corrélation est de -0,97 et -0,96 dans le bras LIO torique et KA respectivement, proche de 1. Plus l'âge est avancé moins la correction est efficace dans notre étude. Dans le bras KA, cette corrélation peut être expliquée par une rigidification cornéenne progressive avec l'âge. En effet, il est admis que la cornée se modifie avec une diminution de sa viscoélasticité cornéenne plus l'âge augmente⁶⁹. Le taux de protéoglycanes et de glycosaminoglycanes diminue et l'entrelacement des fibres de

collagènes du stroma cornéen augmente avec l'âge⁷⁰. Ceci à pour conséquence une rigidité cornéenne plus importante.

Nous rapportons une seule complication peropératoire dans le bras KA et aucune dans le bras LIO torique. Parmi les complications des KA intrastromales retrouvées dans la littérature, on retrouve des cas de rupture du toit stromale de l'incision entraînant une sur-correction réfractive, un astigmatisme irrégulier et donc une perte d'acuité visuelle corrigée de loin. Dans notre étude, une perforation antérieure a été retrouvée chez une patiente avec en conséquence un astigmatisme irrégulier et une diminution de son acuité visuelle corrigée de loin limitée à 0,7 LogMAR en post opératoire. Ce cas de rupture antérieure résulte probablement de mouvements du patient entraînant un lâchage de l'anneau de succion et un déplacement de l'œil à partir des lignes de démarcations initiales pendant le traitement. Le laser ne se focalise donc plus sur le stroma cornéen et des impacts sur les couches épithéliales sont effectués. Aucun cas de perforation cornéenne par rupture cornéenne de pleine épaisseur n'a été enregistrée, comme retrouvée dans deux études dans la littérature^{47,48}.

Nous n'avons rapporté aucune différence quant au nombre total de complications postopératoires entre les bras de patients implant torique ou incisions relaxantes avec implant non-torique. Les incisions relaxantes avec effraction épithéliale femtolaser assistées ont été considérées pendant de nombreuses années comme une technique sûre et efficace avec des risques peropératoires et post-opératoires réduits par rapport aux incisions manuelles³⁸. La complication la plus fréquente est la kératite post opératoires liée à l'effraction épithéliale, restant à risque très faible⁷¹ et très peu décrite dans la littérature⁴⁹. Lors d'incisions intra stromales, l'absence d'effraction épithéliale permettrait une nette diminution du risque de kératite infectieuse post opératoire^{50,51}. Aucun cas de kératite post KA intrastromales, à ce jour, n'est rapporté. Dans notre étude, aucun des patients opérés n'a eu de complication infectieuse liée aux KA au cours des 2 mois de suivi.

La complication la plus fréquente de l'implantation d'une LIO torique est la rotation de l'implant en post opératoire. Après marquage pré opératoire de l'axe 0-180°, la LIO torique est mise en rotation à 3° près pour permettre la correction totale de l'astigmatisme. Il existe une rotation moyenne de l'implant en post opératoire de 2,2±2,2°³³. Lorsque cette rotation secondaire est de 10°, elle diminue de 35% la correction de l'astigmatisme pré opératoire, et

une rotation de plus de 30° ne le corrige pas, et peut même induire un nouvel astigmatisme. Toute rotation modifie l'axe de l'astigmatisme et aura tendance à entraîner une hypermétropie. Aucune rotation d'implant torique n'a été enregistrée dans notre étude. La technique de mesure de cette rotation est complexe et variable selon les établissements et n'a pas été effectué au cours de notre étude. Nous ne montrons pas de différence statistiquement significative concernant la stabilité de la correction, de l'acuité visuelle non corrigée sur le mois de suivi post opératoire.

Cette étude présente un certain nombre de limites. Le suivi n'a été que de 2 mois concernant les implants toriques et 1 mois pour certains patients du bras KA. Au cours du mois de suivi, l'astigmatisme résiduel a été stable entre le septième jour et un mois post opératoire (figure 8 et 9). Nous ne connaissons pas l'évolution des KA intrastromales au cours du temps et nous savons que la correction par LIO torique est stable, hors rotation d'implant. La modification de l'efficacité des KA intrastromales est jugée peu probable en raison de l'intégrité des couches de Bowman et de Descemet. Pour les incisions relaxantes périphériques cornéennes créées manuellement, une régression de l'effet a été rapportée entre 1 mois et 6 mois postopératoire⁶³. Dans une étude récente effectuée au Royaume Uni, une série de cas rétrospectifs de 20 yeux de 20 patients rapporte une stabilité de l'efficacité des incisions assistées par le laser entre 10 semaines et 3 ans⁴⁵. Une étude effectuée en 2016⁴³, concernant les astigmatismes de moins de 2,5D, montre une stabilité d'une incision arciforme sur 2 ans. L'équipe de Stevens⁵⁶⁴⁴, a montré, dans deux études parues en Janvier et Mars 2016, une stabilité de la correction de l'astigmatisme sur 6 mois suite à des incisions intrastromales. Aucune étude n'a pour le moment été effectuée au long cours sur la stabilité des incisions arciformes intrastromales. Comme pour toute nouvelle procédure, un suivi à long terme est nécessaire pour conforter ces résultats. La tomographie par cohérence optique réalisée pendant le suivi post opératoire (figure 25 et 26) montre une stabilité structurelle de l'incision intrastromale sur un mois, ce qui serait en faveur d'une stabilité de ces incisions à long terme. La deuxième limite de notre étude est le nombre de patients inclus sur une période d'une année. Du fait d'une utilisation moindre de la FLACS par soucis d'organisation, le nombre de patients inclus est limité.

Les points forts de notre étude sont son design prospectif, sa méthodologie par KA intrastromales très peu étudiées, un seul type d'implant utilisé, et un œil qui est son propre témoin pour analyser la différence proposée par les deux techniques de correction de l'astigmatisme. Nous avons également montré l'intérêt de cette nouvelle technologie de FLACS y compris pour un opérateur expérimenté.

D'autres études sont nécessaires pour montrer les différences entre ces deux techniques chirurgicales. Des gammes plus larges d'astigmatismes pourraient être abordées afin de déterminer une technique chirurgicale préférentielle en fonction du degré d'astigmatisme. Des échantillons plus importants et un suivi plus long seraient souhaitables pour confirmer ces résultats.

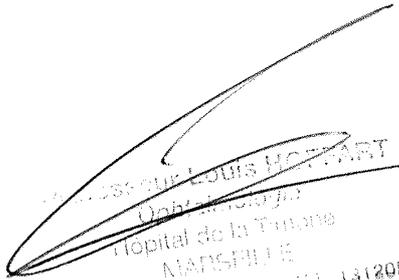
Il serait également intéressant de proposer un questionnaire de satisfaction à chaque consultation. Dans une étude parue en 2013⁴⁰, sur 16 patients ayant eu des incisions arciformes intrastromales combinées à la chirurgie de la cataracte, aucun n'a signalé de modification de la qualité de vision sur un suivi de 6 mois.

6 CONCLUSION

La technologie laser femtoseconde représente une avancée dans le traitement de l'astigmatisme, notamment par la réalisation de kératotomies arciformes. Elle peut être combinée à une chirurgie de la cataracte assistée par laser femtoseconde. Les travaux futurs sur l'amélioration des nomogrammes pour une meilleure prédictibilité et des rapports sur les résultats à long terme amélioreront probablement les résultats des kératotomies arciformes intrastromales.

Malgré l'efficacité documentée pour les deux techniques de chirurgie dans le but de réduire l'astigmatisme pré opératoire, notre étude montre une tendance vers l'implant torique supérieur aux kératotomies arciformes intrastromales. Il est difficile de conclure du fait d'un effectif faible.

Une étude avec un suivi de plus de 2 mois et avec des sous-groupes selon le degré d'astigmatisme permettrait une meilleure prise en charge future de la correction de l'astigmatisme lors d'une chirurgie de la cataracte.


M. J. BOUASSA
Ophtalmologiste
Hôpital de la Timone
Marseille
N° PS : 100023 - Tél : 04 91 13 12 05 46 9

7 BIBLIOGRAPHIE

1. Yao K, Tang X, Ye P. Corneal astigmatism, high order aberrations, and optical quality after cataract surgery: microincision versus small incision. *J Refract Surg Thorofare NJ* 1995. 2006;22(9 Suppl):S1079-1082.
2. Alió JL, Rodriguez-Prats J-L, Vianello A, Galal A. Visual outcome of microincision cataract surgery with implantation of an Acri. Smart lens. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31(8):1549-1556. doi:10.1016/j.jcrs.2005.01.030.
3. Can I, Takmaz T, Yildiz Y, Bayhan HA, Soyugelen G, Bostanci B. Coaxial, microcoaxial, and biaxial microincision cataract surgery: prospective comparative study. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36(5):740-746. doi:10.1016/j.jcrs.2009.11.013.
4. Hayashi K, Yoshida M, Hayashi H. Corneal shape changes after 2.0-mm or 3.0-mm clear corneal versus scleral tunnel incision cataract surgery. *Ophthalmology*. 2010;117(7):1313-1323. doi:10.1016/j.ophtha.2009.11.041.
5. Sanders DR, Higginbotham RW, Opatowsky IE, Confino J. Hyperopic shift in refraction associated with implantation of the single-piece Collamer intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32(12):2110-2112. doi:10.1016/j.jcrs.2006.07.030.
6. Walkow T, Anders N, Pham DT, Wollensak J. Causes of severe decentration and subluxation of intraocular lenses. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*. 1998;236(1):9-12.
7. Alio JL, Soria F, Abdou AA. Femtosecond laser assisted cataract surgery followed by coaxial phacoemulsification or microincisional cataract surgery: differences and advantages. *Curr Opin Ophthalmol*. 2014;25(1):81-88. doi:10.1097/ICU.0000000000000017.
8. Dick HB, Schultz T. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in infants. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(5):665-668. doi:10.1016/j.jcrs.2013.02.032.
9. Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Joachim SC, Schultz T, Dick HB. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in intumescent white cataracts. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(1):44-50. doi:10.1016/j.jcrs.2013.08.044.
10. Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Schultz T, Dick HB. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in eyes with a small pupil. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(9):1314-1320. doi:10.1016/j.jcrs.2013.05.034.
11. Reddy KP, Kandulla J, Auffarth GU. Effectiveness and safety of femtosecond laser-assisted lens fragmentation and anterior capsulotomy versus the manual technique in

- cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(9):1297-1306.
doi:10.1016/j.jcrs.2013.05.035.
12. Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, Sarayba M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Refract Surg Thorofare NJ 1995*. 2009;25(12):1053-1060. doi:10.3928/1081597X-20091117-04.
 13. Nagy ZZ, Kránitz K, Takacs AI, Miháltz K, Kovács I, Knorz MC. Comparison of intraocular lens decentration parameters after femtosecond and manual capsulotomies. *J Refract Surg Thorofare NJ 1995*. 2011;27(8):564-569. doi:10.3928/1081597X-20110607-01.
 14. Kránitz K, Takacs A, Miháltz K, Kovács I, Knorz MC, Nagy ZZ. Femtosecond laser capsulotomy and manual continuous curvilinear capsulorrhexis parameters and their effects on intraocular lens centration. *J Refract Surg Thorofare NJ 1995*. 2011;27(8):558-563. doi:10.3928/1081597X-20110623-03.
 15. Nagy ZZ, McAlinden C. Femtosecond laser cataract surgery. *Eye Vis*. 2015;2. doi:10.1186/s40662-015-0021-7.
 16. Conrad-Hengerer I, Al Juburi M, Schultz T, Hengerer FH, Dick HB. Corneal endothelial cell loss and corneal thickness in conventional compared with femtosecond laser-assisted cataract surgery: three-month follow-up. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(9):1307-1313. doi:10.1016/j.jcrs.2013.05.033.
 17. Nagy ZZ, Takacs AI, Filkorn T, et al. Complications of femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(1):20-28. doi:10.1016/j.jcrs.2013.08.046.
 18. Schultz T, Joachim SC, Kuehn M, Dick HB. Changes in prostaglandin levels in patients undergoing femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Refract Surg Thorofare NJ 1995*. 2013;29(11):742-747. doi:10.3928/1081597X-20131021-03.
 19. Bucci FA, Waterbury LD. Aqueous prostaglandin E(2) of cataract patients at trough ketorolac and bromfenac levels after 2 days dosing. *Adv Ther*. 2009;26(6):645-650. doi:10.1007/s12325-009-0042-5.
 20. Donaldson KE, Braga-Mele R, Cabot F, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(11):1753-1763. doi:10.1016/j.jcrs.2013.09.002.
 21. ASCRS Clinical Survey 2016. <http://supplements.eyeworld.org/h/i/289602006-ascrs-clinical-survey-2016>. Accessed July 18, 2017.

22. Kessel L, Andresen J, Tendal B, Erngaard D, Flesner P, Hjortdal J. Toric Intraocular Lenses in the Correction of Astigmatism During Cataract Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ophthalmology*. 2016;123(2):275-286. doi:10.1016/j.ophtha.2015.10.002.
23. Dick HB, Krummenauer F, Schwenn O, Krist R, Pfeiffer N. Objective and subjective evaluation of photic phenomena after monofocal and multifocal intraocular lens implantation. *Ophthalmology*. 1999;106(10):1878-1886. doi:10.1016/S0161-6420(99)90396-2.
24. Ferrer-Blasco T, Montés-Micó R, Peixoto-de-Matos SC, González-Méijome JM, Cerviño A. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(1):70-75. doi:10.1016/j.jcrs.2008.09.027.
25. Hoffmann PC, Hütz WW. Analysis of biometry and prevalence data for corneal astigmatism in 23,239 eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36(9):1479-1485. doi:10.1016/j.jcrs.2010.02.025.
26. Yuan X, Song H, Peng G, Hua X, Tang X. Prevalence of Corneal Astigmatism in Patients before Cataract Surgery in Northern China. *J Ophthalmol*. 2014;2014:536412. doi:10.1155/2014/536412.
27. Hoffer KJ. Corneal cylinder in cataractous eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(6):958; author reply 958-959. doi:10.1016/j.jcrs.2009.01.047.
28. ASCRS Clinical Survey 2015 [en ligne]. <http://supplements.eyeworld.org/h/i/161197692-ascrs-clinical-survey-2015>.
29. Klyce SD. Computer-assisted corneal topography. High-resolution graphic presentation and analysis of keratoscopy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1984;25(12):1426-1435.
30. Rabinowitz YS, Yang H, Brickman Y, et al. Videokeratography database of normal human corneas. *Br J Ophthalmol*. 1996;80(7):610-616.
31. Guyton DL. Ocular torsion: sensorimotor principles. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*. 1988;226(3):241-245.
32. Tjon-Fo-Sang MJ, de Faber J-THN, Kingma C, Beekhuis WH. Cyclotorsion: a possible cause of residual astigmatism in refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2002;28(4):599-602.
33. Maedel S, Hirnschall N, Chen Y-A, Findl O. Rotational performance and corneal astigmatism correction during cataract surgery: aspheric toric intraocular lens versus

- aspheric nontoric intraocular lens with opposite clear corneal incision. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40(8):1355-1362. doi:10.1016/j.jcrs.2013.11.039.
34. Rubenstein JB, Raciti M. Approaches to corneal astigmatism in cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 2013;24(1):30-34. doi:10.1097/ICU.0b013e32835ac853.
35. Hanna KD, Hayward JM, Hagen KB, Simon G, Parel JM, Waring GO. Keratotomy for astigmatism using an arcuate keratome. *Arch Ophthalmol Chic Ill 1960.* 1993;111(7):998-1004.
36. Vickers LA, Gupta PK. Femtosecond laser-assisted keratotomy. *Curr Opin Ophthalmol.* 2016;27(4):277-284. doi:10.1097/ICU.0000000000000267.
37. Langerman DW. Architectural design of a self-sealing corneal tunnel, single-hinge incision. *J Cataract Refract Surg.* 1994;20(1):84-88.
38. Hoffart L, Proust H, Matonti F, Conrath J, Ridings B. Correction of postkeratoplasty astigmatism by femtosecond laser compared with mechanized astigmatic keratotomy. *Am J Ophthalmol.* 2009;147(5):779-787, 787.e1. doi:10.1016/j.ajo.2008.12.017.
39. Bahar I, Levinger E, Kaiserman I, Sansanayudh W, Rootman DS. IntraLase-enabled astigmatic keratotomy for postkeratoplasty astigmatism. *Am J Ophthalmol.* 2008;146(6):897-904.e1. doi:10.1016/j.ajo.2008.07.004.
40. Rückl T, Dexl AK, Bachernegg A, et al. Femtosecond laser-assisted intrastromal arcuate keratotomy to reduce corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39(4):528-538. doi:10.1016/j.jcrs.2012.10.043.
41. Chastang P, Borderie V, Carvajal S, Laroche L. [Surgical treatment of astigmatism caused by penetrating keratoplasty using the Hanna arcuate keratome]. *J Fr Ophtalmol.* 1997;20(5):360-365.
42. Day AC, Stevens JD. Predictors of femtosecond laser intrastromal astigmatic keratotomy efficacy for astigmatism management in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42(2):251-257. doi:10.1016/j.jcrs.2015.09.028.
43. Chan TCY, Ng ALK, Cheng GPM, Wang Z, Woo VCP, Jhanji V. Corneal Astigmatism and Aberrations After Combined Femtosecond-Assisted Phacoemulsification and Arcuate Keratotomy: Two-Year Results. *Am J Ophthalmol.* 2016;170:83-90. doi:10.1016/j.ajo.2016.07.022.
44. Day AC, Stevens JD. Stability of Keratometric Astigmatism After Non-penetrating Femtosecond Laser Intrastromal Astigmatic Keratotomy Performed During Laser

- Cataract Surgery. *J Refract Surg Thorofare NJ* 1995. 2016;32(3):152-155.
doi:10.3928/1081597X-20160204-01.
45. Lim R, Borasio E, Ilari L. Long-term stability of keratometric astigmatism after limbal relaxing incisions. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(10):1676-1681.
doi:10.1016/j.jcrs.2014.01.045.
46. Kankariya VP, Diakonis VF, Kymionis GD, Yoo SH. Anterior Gas Breakthrough During Femtosecond Intrastromal Astigmatic Keratotomy (FISK). *J Refract Surg*. 2014;30(8):511-513. doi:10.3928/1081597X-20140711-02.
47. Cherfan DG, Melki SA. Corneal perforation by an astigmatic keratotomy performed with an optical coherence tomography-guided femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(7):1224-1227. doi:10.1016/j.jcrs.2014.04.021.
48. Vaddavalli PK, Hurmeric V, Yoo SH. Air bubble in anterior chamber as indicator of full-thickness incisions in femtosecond-assisted astigmatic keratotomy. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(9):1723-1725. doi:10.1016/j.jcrs.2011.06.022.
49. Chou TY, Abazari A, Barash A, Shah S, Kaplowitz K. Early-onset methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* keratitis and late-onset infectious keratitis in astigmatic keratotomy incision following femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(8):1772-1777. doi:10.1016/j.jcrs.2015.06.017.
50. Meltendorf C, Burbach GJ, Ohrloff C, Ghebremedhin E, Deller T. Intrastromal keratotomy with femtosecond laser avoids profibrotic TGF-beta1 induction. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50(8):3688-3695. doi:10.1167/iovs.08-2699.
51. Meltendorf C, Burbach GJ, Bühren J, Bug R, Ohrloff C, Deller T. Corneal femtosecond laser keratotomy results in isolated stromal injury and favorable wound-healing response. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007;48(5):2068-2075.
doi:10.1167/iovs.06-1150.
52. Puech M, El Maftouhi A. [OCT3 exploration of anterior segment]. *J Fr Ophthalmol*. 2004;27(5):459-466.
53. Izatt JA, Hee MR, Swanson EA, et al. Micrometer-scale resolution imaging of the anterior eye in vivo with optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol Chic Ill 1960*. 1994;112(12):1584-1589.
54. Drews RC. Fundus photography by electronic flash. III. A new fundus-anterior segment camera. *Am J Ophthalmol*. 1957;44(4 Pt 1):522-525.
55. Yang J, Wang X, Zhang H, Pang Y, Wei R-H. Clinical evaluation of surgery-induced

- astigmatism in cataract surgery using 2.2 mm or 1.8 mm clear corneal micro-incisions. *Int J Ophthalmol*. 2017;10(1):68-71. doi:10.18240/ijo.2017.01.11.
56. Day AC, Lau NM, Stevens JD. Nonpenetrating femtosecond laser intrastromal astigmatic keratotomy in eyes having cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2016;42(1):102-109. doi:10.1016/j.jcrs.2015.07.045.
57. Daien V, Le Pape A, Heve D, Carriere I, Villain M. Incidence, Risk Factors, and Impact of Age on Retinal Detachment after Cataract Surgery in France: A National Population Study. *Ophthalmology*. 2015;122(11):2179-2185. doi:10.1016/j.ophtha.2015.07.014.
58. Wu E. Femtosecond-assisted astigmatic keratotomy. *Int Ophthalmol Clin*. 2011;51(2):77-85. doi:10.1097/HO.0b013e31820f26cd.
59. Nubile M, Carpineto P, Lanzini M, et al. Femtosecond laser arcuate keratotomy for the correction of high astigmatism after keratoplasty. *Ophthalmology*. 2009;116(6):1083-1092. doi:10.1016/j.ophtha.2009.01.013.
60. Al Sabaani N, Al Malki S, Al Jindan M, Al Assiri A, Al Swailem S. Femtosecond astigmatic keratotomy for postkeratoplasty astigmatism. *Saudi J Ophthalmol Off J Saudi Ophthalmol Soc*. 2016;30(3):163-168. doi:10.1016/j.sjopt.2016.04.003.
61. Wang L, Jiang L, Hallahan K, Al-Mohtaseb ZN, Koch DD. Evaluation of Femtosecond Laser Intrastromal Incision Location Using Optical Coherence Tomography. *Ophthalmology*. April 2017. doi:10.1016/j.ophtha.2017.03.022.
62. Shimizu K, Misawa A, Suzuki Y. Toric intraocular lenses: correcting astigmatism while controlling axis shift. *J Cataract Refract Surg*. 1994;20(5):523-526.
63. Hirnschall N, Gangwani V, Crnej A, Koshy J, Maurino V, Findl O. Correction of moderate corneal astigmatism during cataract surgery: toric intraocular lens versus peripheral corneal relaxing incisions. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(3):354-361. doi:10.1016/j.jcrs.2013.08.049.
64. Hoffmann PC, Auel S, Hütz WW. Results of higher power toric intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(8):1411-1418. doi:10.1016/j.jcrs.2011.02.028.
65. Mingo-Botín D, Muñoz-Negrete FJ, Won Kim HR, Morcillo-Laiz R, Rebolleda G, Oblanca N. Comparison of toric intraocular lenses and peripheral corneal relaxing incisions to treat astigmatism during cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36(10):1700-1708. doi:10.1016/j.jcrs.2010.04.043.

66. Lane SS, Ernest P, Miller KM, Hileman KS, Harris B, Waycaster CR. Comparison of clinical and patient-reported outcomes with bilateral AcrySof toric or spherical control intraocular lenses. *J Refract Surg Thorofare NJ* 1995. 2009;25(10):899-901. doi:10.3928/1081597X-20090617-05.
67. Visser N, Berendschot TTJM, Bauer NJC, Jurich J, Kersting O, Nuijts RMMA. Accuracy of toric intraocular lens implantation in cataract and refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(8):1394-1402. doi:10.1016/j.jcrs.2011.02.024.
68. Miyata K, Miyai T, Minami K, Bissen-Miyajima H, Maeda N, Amano S. Limbal relaxing incisions using a reference point and corneal topography for intraoperative identification of the steepest meridian. *J Refract Surg Thorofare NJ* 1995. 2011;27(5):339-344. doi:10.3928/1081597X-20101005-02.
69. Terai N, Raiskup F, Haustein M, Pillunat LE, Spoerl E. Identification of biomechanical properties of the cornea: the ocular response analyzer. *Curr Eye Res*. 2012;37(7):553-562. doi:10.3109/02713683.2012.669007.
70. Malik NS, Moss SJ, Ahmed N, Furth AJ, Wall RS, Meek KM. Ageing of the human corneal stroma: structural and biochemical changes. *Biochim Biophys Acta*. 1992;1138(3):222-228.
71. Moorthy S, Chohan AB, Vajpayee RB, Jhanji V. Microbial keratitis after combined phacoemulsification and astigmatic keratotomy. *Clin Exp Optom*. 2010;93(2):98-99. doi:10.1111/j.1444-0938.2009.00445.x.

SERMENT D'HIPPOCRATE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.



Résumé

Sujet : L'objectif principal de notre étude est de comparer l'efficacité des kératotomies arciformes (KA) périphériques intrastromales par rapport aux lentilles intra oculaires (LIO) toriques de chambre postérieure lors de la chirurgie de la cataracte assistée par le laser femtoseconde (FLACS).

Matériels et méthodes : Nous avons réalisé une étude prospective, randomisée en simple aveugle, mono centrique. Les patients bénéficiant d'une FLACS, opérés entre le 1^{er} mai 2016 et le 1^{er} mai 2017 au CHU de la Timone, Marseille et ont été randomisés en deux groupes : LIO toriques et KA intrastromales effectuées dans le même temps chirurgical. Les patients étaient suivis en post opératoire sur une durée de 1 mois : acuité visuelle, astigmatisme subjectif, tomographie à cohérence optique au niveau des KA et complications.

Résultats : Nous avons inclus 11 yeux de 6 patients. L'astigmatisme moyen pré opératoire était de 3,25D dans le bras LIO torique, et de 2,25D dans le bras KA. Il persiste à 1 mois dans les deux bras un astigmatisme moyen de 1,2D et de 1,42D respectivement. Le gain de correction d'astigmatisme est de 1,7D dans le groupe LIO torique et de 0,83D dans le groupe KA à 7 jours et 1 mois ($p>0,05$). On note une amélioration identique de l'acuité visuelle corrigée dans les deux groupes ($p>0,05$), avec une moyenne de 0,12 LogMAR dans le bras LIO torique et de 0,15 LogMAR dans le bras KA, soit 7 dixièmes. Une complication per opératoire a été retrouvée dans le groupe KA. Aucune complication post opératoire n'a été retrouvée dans les deux bras.

Discussion : Notre étude montre l'intérêt de la correction de l'astigmatisme par LIO torique par rapport aux KA intrastromales dont aucun nomogramme n'est standardisé à ce jour.

Les KA intrastromales montrent une stabilité au cours du temps, confirmé par un suivi par tomographie à cohérence optique. L'incision arciforme intrastromale est une approche novatrice et offre des avantages non négligeables concernant les complications sur les incisions manuelles et les incisions avec effractions épithéliales.

Conclusion : Malgré l'efficacité documentée pour les deux techniques de chirurgie dans le but de réduire l'astigmatisme pré opératoire, la mise d'un implant torique est plus efficace et plus prévisible par rapport aux incisions intrastromales. Des gammes plus larges d'astigmatisme afin de réaliser des sous groupes nous permettraient d'adapter notre prise en charge chirurgicale en fonction du degré d'astigmatisme.

Mots clés : femt Cataracte, astigmatisme, implant torique, kératotomies arciformes, intrastromales.