

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

---

ANNÉE 2020

2020 TOU3 1564

**THÈSE**

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

Présentée et soutenue publiquement

par

**Pierre KANTOR**

le 4 Septembre 2020

**ÉVALUATION DU SYSTÈME DE VISUALISATION CHIRURGICAL 3D  
NGÉNUITY POUR LES CHIRURGIES VITRÉO-RÉTINIENNES  
EXPÉRIENCE D'UNE PREMIÈRE ANNÉE D'UTILISATION AU CHU  
DE TOULOUSE**

Directeur de thèse : Pr Vincent SOLER

**JURY**

Monsieur le Professeur Pierre FOURNIE

Président

Monsieur le Professeur Vincent SOLER

Assesseur

Madame le Docteur Véronique PAGOT-MATHIS

Assesseur

Monsieur le Professeur François MALECAZE

Assesseur

Madame le Docteur Fanny VARENNE

Suppléant

# Remerciements

Aux membres du Jury.

A mon Maître et Président du Jury,  
Monsieur le Professeur Pierre Fournié

Je vous remercie de l'honneur que vous m'accordez de présider mon jury et de juger mon travail.

J'ai toujours été impressionné par votre excellence tant sur le plan médical que chirurgical et je suis fier de me compter parmi vos élèves.

Soyez assuré de mon plus profond respect et de ma reconnaissance.

A mon Maître et Directeur de thèse,  
Monsieur le Professeur Vincent Soler

Vous me faites l'honneur de m'avoir confié ce sujet et d'avoir dirigé mon travail de thèse.

Je vous remercie de la confiance que vous m'avez témoignée.

Votre énergie, votre rigueur et votre aisance chirurgicale forcent le respect et je suis très heureux de pouvoir continuer à me former avec vous.

Soyez assuré de mon plus profond respect et de ma reconnaissance.

A mon Maître,

Madame le Docteur Véronique Pagot-Mathis

Vous me faites l'honneur de juger mon travail ce jour.

Je vous remercie de la confiance que vous m'avez témoignée tout au long de mon internat.

Je vous remercie de m'avoir transmis votre intérêt pour la chirurgie vitréo-rétinienne, d'y avoir pu m'initier et de pouvoir continuer à me former avec vous pour profiter de votre excellence dans ce domaine.

Soyez assurée de mon plus profond respect et de ma reconnaissance.

A mon Maître,

Monsieur le Professeur François Malecaze

Votre présence dans mon jury m'honore.

Je vous remercie de l'accueil qui m'a été offert dans votre service et de l'intérêt que vous consacrez à la formation des internes. Votre bienveillance, votre disponibilité et vos conseils m'ont accompagnés tout au long de mon internat.

Soyez assuré de mon plus profond respect et de ma reconnaissance.

A mon Maître,

Madame le Docteur Fanny Varenne

Je te remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury.

Ton intérêt communicatif pour les pathologies rétiniennes et neuro-ophtalmologiques est un véritable plaisir et je suis très heureux de pouvoir le partager avec toi encore quelques temps.

Merci pour ton investissement auprès des internes.

Sois assurée de mon plus profond respect et de ma reconnaissance.

*A Fanny*, c'est un bonheur de chaque instant que de partager ma vie à tes côtés.

Tu es mon soutien, mon alliée, mon amour ... et comme le disait Pierre Desproges "L'amour... il y a ceux qui en parlent et il y a ceux qui le font. A partir de quoi, il m'apparaît urgent de me taire."

*et Louise*, la plus magnifique des petites filles qui nous émerveille à chaque instant.

*A mes parents* qui m'ont toujours accompagnés, apportés énormément d'amour et sans qui je ne serais celui que je suis aujourd'hui. Merci d'être toujours là et me soutenir.

*A Benjamin* ! On a grandi ensemble et je suis profondément heureux qu'on continue à partager encore tellement ! X frérot !

*A Laurence, Didier, Jérémy et toute la famille Castanet* pour tous ces bons moments passés et à venir à St Médard city, Biganos et Rosas !

## A mes Amis

*Au Montescrew*, que des numéros 10 dans ma team !

A Pierre, c'est un véritable plaisir de t'avoir à Paris avec nous pour ces quelques mois et de pouvoir partager ces premiers mois avec Loulou.

A Charles, Boudu mon Charlito on en fait du chemin, depuis des gouters d'anniv' de fou jusqu'à la place du Capitole en passant par l'incontournable Jardin public ... Je ne sais pas ce qui nous attend mais ça sera forcément génial ensemble !

A Juju, ma presque sœur jumelle, c'est une chance de te connaître depuis toutes ces années, de pouvoir refaire le monde, et savoir qu'on peut compter l'un sur l'autre !

A Roro et Hugo, vous n'auriez pas un petit concert dans une base sous-marine ou un nouveau petit spot pour diner ? J'arrive !

A Antoine, même si quelques heures d'A380 nous séparent, je suis heureux à chaque coup de fil qui s'éternise toujours.

*Aux Expats bordelais* : A Papinou, un mec en OR toujours présent même après minuit dix, A Vivi pour toutes ces soirées (pas trop de tonic avec les Gin vivi hein), Gaetan, Aurélie...

*A Guillaume et Anna*, que ça soit aux Chartrons ou a Moorea ca sera toujours un plaisir de passer du temps avec vous ! et Guillaume, Loulou compte sur toi pour lui apprendre à mieux surfer que son père !

*A Manue* (et Manu bien sûr !) pour ta bonne humeur, ta gentillesse et ton énergie quotidienne. A très vite à la playa !

*Aux Toulousaings*, Julieng (<3<3), Numa (même si ton revers laisse à désirer), Pierre (et son physique de mannequin), Sara Kebaaaaab, Lulu des îles, mon ptit Jéjé du PSG, Guillaume, Clemence, Marie

*A la team Segalen*, on a survécu à la P2-D1 puis à l'externat ensemble, beaucoup trop de souvenirs : Bertrand, Débi, Adrien Laure, Boris ! A Adrien et Julie depuis notre SEI mémorable jusqu'à Toulouse !

A VICTORIINE (et F.B.), Alexandra (et Pierre), Floriane (et José), je fais le captain sur le banc d'Arguin quand vous voulez.

A Philipe, mon parrain

A Elsa, la colloc avec laquelle le body-summer n'est pas accessible !

## A mes Co-internes et chefs

A Valou qui a été là pour me guider dès le début et a toujours été présente pour me conseiller.

A Igor, au-delà de tout ce que tu m'as transmis, j'ai eu beaucoup de chance de te rencontrer et j'espère qu'on pourra partager encore plein de moments ensemble (à base de protéines végétales bien sûr !)

*A tous mes co-internes toulousaings* (et néanmoins amis !), pour ces années incroyables ! A Laulau (et la belle Alix, la sistaaa !), Antoine (de la mafia Paul Vidal), Edouardo (le pilote de Yoyo), Pauline (la dealeuse Vinted) et Gaby mais aussi bien sur Tershi (pour tous les conseils en soirée), Clem, PAF et Gabrielle, Juju, Jerem, Gizzzz, Ori-nana, Saleh, Camille, Kevin, Thomas, Alex, Lulu, Vaness, le bon FP, Thibaut, Camille R, Helo, Alix, Julie, Noemie et aux plus jeunes !

Sans oublier Hub, Marie, Pauline qui sont tout aussi forts en ophtalmologie !

*A mes co-internes de Paname* pour ces deux semestres haust en couleur. Vous êtes au top, les Warriors du 2 pour le semestre le plus long : Amin de l'OM, Samichat, Stacy et Gégé (vous êtes magiques les filles !), Amélie, Jen, Kattia, Ismail et la Team 4 : Amin (encore et toujours l'ami !), Raph le binôme, Anthony, Moïse, Jade, Benoit, Rana, BadiaA.

*A mes co-internes de CMF* : Mylene du 11, Momo la coiffeuse, Yoyo le squasheur, Caro, Tata Julie et pouzoulette !

*Merci à tous mes chefs et binômes* qui ont pris le temps et on eu la patience (souvent beaucoup ^^) de me transmettre leur savoir et de me guider !

Tant à Toulouse avec Jacmine, Felix, Amélie, Thomas, Jeanne, Safa, Cyrielle, Myriam, David et Julien

Qu'à Paris avec le Dr Barale, le Dr Tuil, Jérémie et Raphael.

*Au Dr Jaulerry* qui m'a accueilli pour mes premiers pas et a su me transmettre sa passion pour cette belle discipline grâce à son énergie exceptionnelle. Merci à toute son équipe au top !

*Aux Professeurs Nordmann et Paques* pour leurs accueils et l'excellence de la formation que j'ai pu recevoir dans cette grande maison des XV-XX.

*Au professeur Lauwers*, à Celine, à Ambre et à l'ensemble du service de CMF de Purpan pour ce semestre tellement enrichissant dans ce service d'excellence !

*Au professeur Hanaire* et à son équipe avec une mention spéciale pour notre Isa internationale, notre maman de Ranguel à tous !

Merci bien évidemment, à l'ensemble de l'équipe Toulousaine, les orthoptistes Pauline, Clément, Delphine mais aussi Marie-Pierre, Corinne et Claire sans oublier bien sur la dream team du C12 Monique et Brigitte !

Merci aux infirmières et aides-soignantes de la consult pour ses belles journées d'angio, d'IVT (avec jazz radio) et d'urg et de l'hospit pour ces folles nuits et WE ! Merci à Martine aux IBODE et IADE d'ophtalmo !

Merci au Docteur Chapotot pour son aide quant à la vérification des statistiques

**TABLEAU du PERSONNEL HOSPITALO-UNIVERSITAIRE**  
**des Facultés de Médecine de l'Université Toulouse III - Paul Sabatier**  
**au 1<sup>er</sup> septembre 2019**

**Professeurs Honoraires**

Doyen Honoraire	M. CHAP Hugues	Professeur Honoraire	M. FREXINOS Jacques
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur Honoraire	Mme GENESTAL Michèle
Doyen Honoraire	M. LAZORTHE Yves	Professeur Honoraire	M. GERAUD Gilles
Doyen Honoraire	M. PUEL Pierre	Professeur Honoraire	M. GHISOLFI Jacques
Doyen Honoraire	M. ROUGE Daniel	Professeur Honoraire	M. GOUZI Jean-Louis
Doyen Honoraire	M. VINEL Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. GUIRAUD CHAUMEIL Bernard
Professeur Honoraire	M. ABBAL Michel	Professeur Honoraire	M. HOFF Jean
Professeur Honoraire	M. ADER Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. JOFFRE Francis
Professeur Honoraire	M. ALBAREDE Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. LACOMME Yves
Professeur Honoraire	M. ARBUS Louis	Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE Jacques
Professeur Honoraire	M. ARLET Jacques	Professeur Honoraire	Mme LARENG Marie-Blanche
Professeur Honoraire	M. ARLET Philippe	Professeur Honoraire	M. LARENG Louis
Professeur Honoraire	M. ARLET-SUAU Elisabeth	Professeur Honoraire	M. LAURENT Guy
Professeur Honoraire	M. ARNE Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. LAZORTHE Franck
Professeur Honoraire	M. BARRET André	Professeur Honoraire	M. LAZORTHE Yves
Professeur Honoraire	M. BARTHE Philippe	Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE Paul
Professeur Honoraire	M. BAYARD Francis	Professeur Honoraire	M. MAGNAVAL Jean-François
Professeur Honoraire	M. BOCCALON Henri	Professeur Honoraire	M. MANELFE Claude
Professeur Honoraire	M. BONAFÉ Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. MANSAT Michel
Professeur Honoraire	M. BONEU Bernard	Professeur Honoraire	M. MASSIP Patrice
Professeur Honoraire	M. BOUNHOURE Jean-Paul	Professeur Honoraire	Mme MARTY Nicole
Professeur Honoraire	M. BOUTAULT Franck	Professeur Honoraire	M. MAZIERES Bernard
Professeur Honoraire	M. BUGAT Roland	Professeur Honoraire	M. MONROZIES Xavier
Professeur Honoraire	M. CAHUZAC Jean-Philippe	Professeur Honoraire	M. MOSCOVICI Jacques
Professeur Honoraire	M. CARATERO Claude	Professeur Honoraire	M. MURAT
Professeur Honoraire	M. CARLES Pierre	Professeur Honoraire	M. OLIVES Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CARRIERE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. PASCAL Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CARTON Michel	Professeur Honoraire	M. PESSEY Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. CATHALA Bernard	Professeur Honoraire	M. PLANTE Pierre
Professeur Honoraire	M. CHABANON Gérard	Professeur Honoraire	M. PONTONNIER Georges
Professeur Honoraire	M. CHAMONTIN Bernard	Professeur Honoraire	M. POURRAT Jacques
Professeur Honoraire	M. CHAVOIN Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. PRADERE Bernard
Professeur Honoraire	M. CLANET Michel	Professeur Honoraire	M. PRIS Jacques
Professeur Honoraire	M. CONTE Jean	Professeur Honoraire	Mme PUEL Jacqueline
Professeur Honoraire	M. COSTAGLIOLA Michel	Professeur Honoraire	M. PUEL Pierre
Professeur Honoraire	M. COTONAT Jean	Professeur Honoraire	M. PUJOL Michel
Professeur Honoraire	M. DABERNAT Henri	Professeur Honoraire	M. QUERLEU Denis
Professeur Honoraire	M. DALOUS Antoine	Professeur Honoraire	M. RAILHAC Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. DALY-SCHWEITZER Nicolas	Professeur Honoraire	M. REGIS Henri
Professeur Honoraire	M. DAVID Jean-Frédéric	Professeur Honoraire	M. REGNIER Claude
Professeur Honoraire	M. DELSOL Georges	Professeur Honoraire	M. REME Jean-Michel
Professeur Honoraire	Mme DELISLE Marie-Bernadette	Professeur Honoraire	M. ROCHE Henri
Professeur Honoraire	Mme DIDIER Jacqueline	Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI Pierre
Professeur Honoraire	M. DUCOS Jean	Professeur Honoraire	M. ROLLAND Michel
Professeur Honoraire	M. DUFFAUT Michel	Professeur Honoraire	M. ROQUE-LATRILLE Christian
Professeur Honoraire	M. DUPRE M.	Professeur Honoraire	M. RUMEAU Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. DURAND Dominique	Professeur Honoraire	M. SALVADOR Michel
Professeur Honoraire associé	M. DUTAU Guy	Professeur Honoraire	M. SALVAYRE Robert
Professeur Honoraire	M. ESCANDE Michel	Professeur Honoraire	M. SARRAMON Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. ESCHAPASSE Henri	Professeur Honoraire	M. SIMON Jacques
Professeur Honoraire	M. ESCOURROU Jean	Professeur Honoraire	M. SUC Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. ESQUERRE J.P.	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT Jean-Paul
Professeur Honoraire	M. FABIE Michel	Professeur Honoraire	M. TKACZUK Jean
Professeur Honoraire	M. FABRE Jean	Professeur Honoraire	M. TREMOULET Michel
Professeur Honoraire	M. FOURNIAL Gérard	Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE Pierre
Professeur Honoraire	M. FOURNIE Bernard	Professeur Honoraire	M. VAYSSE Philippe
Professeur Honoraire	M. FORTANIER Gilles	Professeur Honoraire	M. VIRENQUE Christian
Professeur Honoraire	M. FRAYSSÉ Bernard	Professeur Honoraire	M. VOIGT Jean-Jacques

**Professeurs Émérites**

Professeur ADER Jean-Louis	Professeur JOFFRE Francis
Professeur ALBAREDE Jean-Louis	Professeur LAGARRIGUE Jacques
Professeur ARBUS Louis	Professeur LARENG Louis
Professeur ARLET-SUAU Elisabeth	Professeur LAURENT Guy
Professeur BOCCALON Henri	Professeur LAZORTHE Yves
Professeur BONEU Bernard	Professeur MAGNAVAL Jean-François
Professeur CARATERO Claude	Professeur MANELFE Claude
Professeur CHAMONTIN Bernard	Professeur MASSIP Patrice
Professeur CHAP Hugues	Professeur MAZIERES Bernard
Professeur CONTÉ Jean	Professeur MOSCOVICI Jacques
Professeur COSTAGLIOLA Michel	Professeur RISCHMANN Pascal
Professeur DABERNAT Henri	Professeur ROQUES-LATRILLE Christian
Professeur FRAYSSÉ Bernard	Professeur SALVAYRE Robert
Professeur DELISLE Marie-Bernadette	Professeur SARRAMON Jean-Pierre
Professeur GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur SIMON Jacques

**FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-PURPAN**

37 allées Jules Guesde - 31000 TOULOUSE

Doyen : Didier CARRIE

**P.U. - P.H.**

**P.U. - P.H.**

Classe Exceptionnelle et 1<sup>ère</sup> classe

2<sup>ème</sup> classe

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

## FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-RANGUEIL

133, route de Narbonne - 31062 TOULOUSE Cedex

Doyen : Elie SERRANO

**P.U. - P.H.**

**P.U. - P.H.**

Classe Exceptionnelle et 1<sup>ère</sup> classe

2<sup>ème</sup> classe

M. ARBUS Christophe	Psychiatrie	M. AUSSEIL Jérôme	Biochimie et biologie moléculaire
M. ACAR Philippe	Pédiatrie	M. BERRY Antoine	Parasitologie
M. ACCADBLED Franck	Chirurgie Infantile	M. BOUNES Vincent	Médecine d'urgence
M. ALRIC Laurent (C.E)	Médecine Interne	Mme BOURNET Barbara	Gastro-entérologie
Mme ANDRIEU Sandrine	Epidémiologie	M. CHAPUT Benoit	Chirurgie plastique et des brûlés
M. ARNAL Jean-François	Physiologie	Mme DALENC Florence	Cancérologie
Mme BERRY Isabelle (C.E)	Biophysique	M. DECRAMER Stéphane	Pédiatrie
M. BONNEVILLE Fabrice	Radiologie	Mme FARUCH-BILFELD Marie	Radiologie et Imagerie Médicale
M. BUJAN Louis (C. E)	Urologie-Andrologie	M. FAGUER Stanislas	Néphrologie
Mme BURA-RIVIERE Alessandra	Médecine Vasculaire	M. FRANCHITTO Nicolas	Addictologie
M. BUSCAIL Louis (C.E)	Hépatogastro-Entérologie	M. GARRIDO-STOWHAS Ignacio	Chirurgie Plastique
M. CANTAGREL Alain (C.E)	Rhumatologie	M. GATIMEL Nicolas	Médecine de la reproduction
M. CARON Philippe (C.E)	Endocrinologie	Mme LAPRIE Anne	Radiothérapie
M. CHAUFOUR Xavier	Chirurgie Vasculaire	M. LAURENT Camille	Anatomie Pathologique
M. CHAYNES Patrick	Anatomie	M. LE CAIGNEC Cédric	Génétique
M. CHIRON Philippe (C.E)	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie	M. MARCHEIX Bertrand	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
M. CONSTANTIN Arnaud	Rhumatologie	M. MEYER Nicolas	Dermatologie
M. COURBON Frédéric	Biophysique	M. MUSCARI Fabrice	Chirurgie Digestive
Mme COURTADE SAIDI Monique	Histologie Embryologie	M. REINA Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique
M. DAMBRIN Camille	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire	M. SILVA SIFONTES Stein	Réanimation
M. DELABESSE Eric	Hématologie	M. SOLER Vincent	Ophthalmologie
M. DELOBEL Pierre	Maladies Infectieuses	Mme SOMMET Agnès	Pharmacologie
M. DELORD Jean-Pierre	Cancérologie	Mme SOTO-MARTIN Maria-Eugénia	Gériatrie et biologie du vieillissement
M. DIDIER Alain (C.E)	Pneumologie	M. TACK Ivan	Physiologie
Mme DULY-BOUHANICK Béatrice (C.E)	Thérapeutique	M. VERGEZ Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
M. ELBAZ Meyer	Cardiologie	M. YSEBAERT Loic	Hématologie
M. GALINIER Michel (C.E)	Cardiologie		
M. GLOCK Yves (C.E)	Chirurgie Cardio-Vasculaire		
Mme GOMEZ-BROUCHET Anne-Muriel	Anatomie Pathologique	<b>P.U. Médecine générale</b>	
M. GOURDY Pierre	Endocrinologie	Mme ROUGE-BUGAT Marie-Eve	
M. GRAND Alain (C.E)	Epidémiologie. Eco. de la Santé et Prév.		
M. GROLEAU RAOUX Jean-Louis (C.E)	Chirurgie plastique		
Mme GUIMBAUD Rosine	Cancérologie		
Mme HANAIRE Hélène (C.E)	Endocrinologie		
M. HUYGHE Eric	Urologie		
M. KAMAR Nassim (C.E)	Néphrologie		
M. LARRUE Vincent	Neurologie		
M. LEVADE Thierry (C.E)	Biochimie		
M. MALECAZE François (C.E)	Ophthalmologie		
M. MARQUE Philippe	Médecine Physique et Réadaptation		
M. MAURY Jean-Philippe	Cardiologie		
Mme MAZEREEUW Juliette	Dermatologie		
M. MINVILLE Vincent	Anesthésiologie Réanimation		
M. OTAL Philippe	Radiologie		
M. RAYNAUD Jean-Philippe (C.E)	Psychiatrie Infantile		
M. RITZ Patrick (C.E)	Nutrition		
M. ROLLAND Yves (C.E)	Gériatrie		
M. ROUGE Daniel (C.E)	Médecine Légale		
M. ROUSSEAU Hervé (C.E)	Radiologie		
M. ROUX Franck-Emmanuel	Neurochirurgie		
M. SAILLER Laurent	Médecine Interne		
M. SCHMITT Laurent (C.E)	Psychiatrie		
M. SENARD Jean-Michel (C.E)	Pharmacologie		
M. SERRANO Elie (C.E)	Oto-rhino-laryngologie		
M. SOULAT Jean-Marc	Médecine du Travail		
M. SOULIE Michel (C.E)	Urologie		
M. SUC Bertrand	Chirurgie Digestive		
Mme TAUBER Marie-Thérèse (C.E)	Pédiatrie		
Mme URO-COSTE Emmanuelle	Anatomie Pathologique		
M. VAYSSIERE Christophe	Gynécologie Obstétrique		
M. VELLAS Bruno (C.E)	Gériatrie		
		<b>Professeur Associé de Médecine Générale</b>	
		M. BOYER Pierre	
		M. STILLMUNKES André	

M.C.U. - P.H.		M.C.U. - P.H	
M. ABBO Olivier	Chirurgie infantile	Mme ABRAVANEL Florence	Bactériologie Virologie Hygiène
M. APOIL Pol Andre	Immunologie	Mme BASSET Céline	Cytologie et histologie
Mme ARNAUD Catherine	Epidémiologie	Mme CAMARE Caroline	Biochimie et biologie moléculaire
Mme AUSSEIL-TRUDEL Stéphanie	Biochimie et Biologie Moléculaire	M. CMBUS Jean-Pierre	Hématologie
Mme BELLIERE-FABRE Julie	Néphrologie	Mme CANTERO Anne-Valérie	Biochimie
Mme BERTOLI Sarah	Hématologie, transfusion	Mme CARFAGNA Luana	Pédiatrie
M. BIETH Eric	Génétique	Mme CASSOL Emmanuelle	Biophysique
Mme CASPAR BAUGUIL Sylvie	Nutrition	Mme CAUSSE Elizabeth	Biochimie
Mme CASSAGNE Myriam	Ophtalmologie	M. CHASSAING Nicolas	Génétique
Mme CASSAING Sophie	Parasitologie	M. CLAVEL Cyril	Biologie Cellulaire
M. CAVAINAC Etienne	Chirurgie orthopédique et traumatologie	Mme COLOMBAT Magali	Anatomie et cytopathologie
Mme CHANTALAT Elodie	Anatomie	Mme CORRE Jill	Hématologie
M. CONGY Nicolas	Immunologie	M. DE BONNECAZE Guillaume	Anatomie
Mme COURBON Christine	Pharmacologie	M. DEDOIT Fabrice	Médecine Légale
Mme DAMASE Christine	Pharmacologie	M. DEGBOE Yannick	Rhumatologie
Mme de GLISEZENSKY Isabelle	Physiologie	M. DELPLA Pierre-André	Médecine Légale
Mme DE MAS Véronique	Hématologie	M. DESPAS Fabien	Pharmacologie
M. DUBOIS Damien	Bactériologie Virologie Hygiène	M. EDOUARD Thomas	Pédiatrie
Mme FILLAUX Judith	Parasitologie	Mme ESQUIROL Yolande	Médecine du travail
M. GANTET Pierre	Biophysique	Mme EVRARD Solène	Histologie, embryologie et cytologie
Mme GENNERO Isabelle	Biochimie	Mme FLOCH Pauline	Bactériologie-Virologie, Hygiène Hospit.
Mme GENOUX Annelise	Biochimie et biologie moléculaire	Mme GALINIER Anne	Nutrition
M. HAMDJ Safouane	Biochimie	Mme GALLINI Adeline	Epidémiologie
Mme HITZEL Anne	Biophysique	Mme GARDETTE Virginie	Epidémiologie
M. IRIART Xavier	Parasitologie et mycologie	M. GASQ David	Physiologie
Mme JONCA Nathalie	Biologie cellulaire	M. GATIMEL Nicolas	Médecine de la reproduction
M. KIRZIN Sylvain	Chirurgie générale	Mme GRARE Marion	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme LAPEYRE-MESTRE Maryse	Pharmacologie	M. GUIBERT Nicolas	Pneumologie ; Addictologie
M. LHERMUSIER Thibault	Cardiologie	Mme GUILBEAU-FRUGIER Céline	Anatomie Pathologique
M. LHOMME Sébastien	Bactériologie-virologie	M. GUILLEMINAULT Laurent	Pneumologie
Mme MONTASTIER Emilie	Nutrition	Mme GUYONNET Sophie	Nutrition
Mme MOREAU Marion	Physiologie	M. HERIN Fabrice	Médecine et santé au travail
Mme NOGUEIRA M.L.	Biologie Cellulaire	Mme INGUENEAU Cécile	Biochimie
Mme PERROT Aurore	Hématologie ; Transfusion	M. LEANDRI Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
M. PILLARD Fabien	Physiologie	M. LEPAGE Benoit	Biostatistiques et Informatique médicale
Mme PUISSANT Bénédicte	Immunologie	Mme MAUPAS SCHWALM Françoise	Biochimie
Mme RAYMOND Stéphanie	Bactériologie Virologie Hygiène	M. MIEUSSET Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
Mme SABOURDY Frédérique	Biochimie	M. MOULIS Guillaume	Médecine interne
Mme SAUNE Karine	Bactériologie Virologie	Mme NASR Nathalie	Neurologie
M. TAFANI Jean-André	Biophysique	Mme QUELVEN Isabelle	Biophysique et Médecine Nucléaire
M. TREINER Emmanuel	Immunologie	M. RIMAILHO Jacques	Anatomie et Chirurgie Générale
Mme VAYASSE Charlotte	Cancérologie	M. RONGIERES Michel	Anatomie - Chirurgie orthopédique
M. VIDAL Fabien	Gynécologie obstétrique	Mme VALLET Marion	Physiologie
		M. VERGEZ François	Hématologie
		M. YRONDI Antoine	Psychiatrie d'Adultes ; Addictologie
<b>M.C.U. Médecine générale</b>		<b>M.C.U. Médecine générale</b>	
M. BRILLAC Thierry		M. BISMUTH Michel	
Mme DUPOUY Julie		Mme ESCOURROU Brigitte	

**Maitres de Conférences Associés de Médecine Générale**

Dr CHICOULAA Bruno  
Dr FREYENS Anne  
Dr PUECH Marielle

Dr BIREBENT Jordan  
Dr BOURGEOIS Odile  
Dr LATROUS Leila  
Dr. BOUSSIER Nathalie

# Table des matières

Remerciements .....	4
Serment d'Hippocrate .....	18
Liste des abréviations .....	19
1 Introduction.....	20
1.1 Le développement de la microscopie opératoire en Ophtalmologie .....	20
1.2 Description des systèmes 3D.....	23
1.3 La vitrectomie comme traitement des DR, TM et MER .....	23
1.4 Objectif .....	24
2 Matériel et méthodes.....	26
2.1 Schéma de l'étude .....	26
2.2 Critères d'inclusions et d'exclusions .....	26
2.3 Groupes .....	26
2.4 Description des interventions .....	27
2.5 Description des deux systèmes de visualisation .....	28
2.6 Critères de jugement.....	32
2.7 Recueil des données.....	32
2.8 Analyse statistique .....	35
3 Résultats.....	36
3.1 Analyse démographique générale.....	36
Tableau 2 : Analyse descriptive de la population.....	37
3.2 Répartition entre les chirurgies.....	38
Tableau 3 : Analyse des chirurgies .....	39
3.3 Caractéristiques initiales des pathologies.....	40
3.4 Critères principaux de jugement .....	43
3.5 Critères secondaires de jugement.....	43
3.5.1 Meilleure acuité visuelle corrigée .....	43
3.5.2 Durées opératoires.....	44
3.5.3 Complications .....	44
4 Discussion .....	47
4.1 A propos des résultats.....	47
4.1.1 Critères principaux .....	47
4.1.2 Comparaison des résultats anatomiques avec la littérature.....	48

4.1.3	Durées opératoires.....	49
4.2	Limites de l'étude .....	50
4.3	A propos de notre retour sur expérience.....	52
4.3.1	Qualité de l'image .....	52
4.3.2	Diminution des niveaux d'endo-illumination et de la phototoxicité .....	53
4.3.3	Courbe d'apprentissage .....	54
4.3.4	Ergonomie .....	54
4.3.5	Pédagogie .....	55
4.3.6	Autres types de chirurgie .....	56
4.4	Amélioration du système à venir .....	58
5	Conclusion .....	60
6	Abstract français.....	61
7	Annexes .....	62
7.1	Présentation au 1 <sup>er</sup> e-Congrès de la société française d'ophtalmologie.....	62
7.2	Conflits d'intérêts .....	63
8	Bibliographie.....	64

# Serment d'Hippocrate

*” Au moment d’être admis 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 dans l’intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu 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 et méprisé si j’y manque.”*

# Liste des abréviations

CMT : épaisseur maculaire centrale (*central macular thickness*)

DPV : décollement postérieur du vitré

DR : décollement de rétine

HD : haute définition

HDR : *high dynamic range*

HIV : hémorragie intra vitréenne

LA : longueur axiale

MAVC : meilleure acuité visuelle corrigée

MC : microscopie conventionnelle

MER : membrane épi-rétinienne

MLI : membrane limitante interne

OCT : *optical coherence tomography*

ORL : oto rhino laryngologie

PVR : prolifération vitreo-rétinienne

TM : trou maculaire

# 1 Introduction

## 1.1 Le développement de la microscopie opératoire en ophtalmologie

Initialement, les systèmes grossissants chirurgicaux utilisés en ophtalmologie étaient de simples lunettes composées de lentilles convexes grossissantes, avec une sur-correction et des prismes intégrés. Les modèles les plus répandus étaient la loupe de Berger et celle de Beebe sur laquelle deux verres de +7,5 dioptries avec des prisme de 5° étaient inclus. Cependant, à accommodation constante, la distance de travail, très courte, devait toujours être la même et à fort grossissement, les tremblements et petits mouvements de la tête du chirurgien devenaient gênants. (1)

Les premiers microscopes binoculaires apparaissent dans le domaine des laboratoires puis dans les salles d'opérations dès les années 1921 avec Nylén, un ORL norvégien. Celles-ci vont ensuite particulièrement se développer en ORL, mais aussi en gynécologie avec le colposcope développé par Hinselmann pour l'examen du col de l'utérus (2,3).

Ce n'est qu'en 1946 que Perrit fut le premier ophtalmologiste qui utilisa un microscope opératoire fixe lors d'une chirurgie ophtalmologique. La distance de travail était alors de 12,5 cm et le grossissement entre 3,5x et 10,5x. A partir de 1952, plusieurs microscopes furent ensuite rapidement développés à la fois en Europe et en Argentine par les équipes de Harms et Littmann (avec la firme Carl Zeiss) et J.I Barraquer qui commencèrent à les utiliser et à les démocratiser. Le terme de microchirurgie fut utilisé pour la première fois en ophtalmologie par Dekkin en 1956 (4).

La firme Zeiss sortit son microscope fixe le OPMI 1, utilisé par Harms, en 1953 et Littmann en 1954. Le grossissement était variable sans modification de la distance de travail (méthode inspirée des télescopes galiléens). Une illumination coaxiale était incluse dans le microscope (3). En 1956, le microscope de Barraquer se composait lui de 2 systèmes d'éclairage : un en fente et un second modulable pour limiter les ombres des mouvements du chirurgien (5).

La pédale électrique pour bouger le patient dans tous les plans fut introduite par Dannheim en 1961 et adaptée en 1962 par Barraquer qui se dit alors étonné « de voir la vitesse et la facilité à laquelle ses mains et ses pieds travaillent ensemble » (2). Il est aussi convaincu qu'il faut créer un ensemble de matériel (brancard, fauteuil pour le chirurgien, des outils distincts pour les assistants et les infirmiers d'instruments, etc.) afin de réaliser des interventions chirurgicales sur le segment antérieur de l'œil avec un minimum de fatigue du chirurgien et sécurité maximale pour le patient. La distance entre yeux du chirurgien et champ opératoire doit être confortable, il doit y avoir assez d'espace entre le microscope et les yeux du patient donc le corps du microscope doit être le plus petit possible (5)

En 1967, Ropper-hall résumait l'état de l'utilisation de la microscopie chez les ophtalmologistes. Selon lui les examens sous AG et de très nombreuses interventions ne pouvaient déjà qu'être pratiqués sous microscope et qu'« Il n'est pas déraisonnable de s'attendre à ce que d'autres nouveaux développements viendront à mesure que de plus en plus de chirurgiens ophtalmologistes se tourneront vers la microchirurgie ».

En effet d'autres améliorations se succédèrent jusque dans les années 70, avec l'apparition d'oculaires pour l'aide (en monoculaires puis binoculaires), la mise en place d'un appareil photo, les motorisations des zooms (utilisé pour la première fois par Troutman en 1970), et du focus (en 1972). Les microscopes devinèrent plus

stables, montés sur pieds puis sur des systèmes directement sur le mur (3). Troutman, en 1965, décrit de nombreux instruments conçus spécifiquement pour travailler sous microscope pour être plus efficace sans léser les structures (6). De nombreuses pièces furent rendues stérilisables et l'essor des matériaux plastiques permit la création de housses afin de manipuler le microscope sans risque de contamination (2).

Barraquer écrivait en 1980 que les microscopes avaient permis de "voir" des structures oculaires jusque-là inaccessibles et de développer des techniques chirurgicales plus précises, des instruments plus petits et des matériaux de suture plus fins (4). En effet, l'arrivée de la phako-émulsification par Kelman, des vitrectomies à la pars plana par Machemer et des chirurgies filtrantes notamment non perforantes par Krasnov ont eu lieu dans les années 1960-1970 (7-9). L'apport de ces outils a donc été considérable dans la prise en charge de nombreuses maladies.

Aujourd'hui, les microscopes commercialisés reprennent les principales caractéristiques de leurs ancêtres : une source lumineuse intégrée puissante, une grande capacité de zoom sans changement du focus, un champ de vision important, des modifications du zoom, du focus et du microscope à la pédale, des oculaires pour l'aide opératoire... mais toutes ont été largement améliorées pour obtenir des qualités optiques et un confort toujours plus performant. Ainsi, le passage au tout numérique réalise un vrai tournant dans la constitution des microscopes opératoires. Tous les éléments constituant les microscopes opératoires sont indispensables à une visualisation optimale et doivent être adaptés par les systèmes tête haute pour s'assurer du maintien voire de l'amélioration de la qualité de l'image obtenue.

## **1.2 Description des systèmes 3D**

Les nouveaux systèmes de visualisation chirurgicaux 3D "tête-haute" permettent au chirurgien ophtalmologique de s'affranchir des oculaires du microscope opératoire qui sont remplacés par une caméra retransmettant une image sur un écran en face de l'opérateur. La qualité de l'image et l'augmentation de la profondeur de champ sont obtenues grâce à une caméra *high dynamic range* (HDR) et à un écran 4K haute définition (HD). Elle est accessible en trois dimensions, via des lunettes polarisées afin de reproduire la stéréoscopie indispensable à la réalisation de chirurgies endo-oculaires. Il existe aujourd'hui 3 principaux modèles commercialisés : le système Alcon NGENUITY 3D Visualization (Alcon, Fort Worth, TX), le TrueVision 3D Visualization (TrueVision 3D Surgical, Santa Barbara, CA) et plus récemment le TRENION (Zeiss, Oberkochen, Germany).

## **1.3 La vitrectomie comme traitement des DR, TM et MER**

La vitrectomie par 3 voies d'abord à la pars plana est aujourd'hui la technique de référence pour le traitement de nombreuses pathologies vitréo-rétiniennes. Les instruments et l'irrigation continue sont introduits dans la cavité vitrénne par des trocarts 23, 25 ou 27 gauges, à 3-4 mm du limbe, ne nécessitent pas d'ouverture de la conjonctive et dont la suture n'est pas systématiquement requise.

La vitrectomie permet de lever les tractions vitréo-rétiniennes en regard des déchiscences, de drainer le liquide sous rétinien, de laver la cavité vitrénne si nécessaire, de réaliser directement la rétinopexie, de peler des tractions de type PVR et la mise en place d'un tamponnement interne dans le cadre des DR. Les indications de vitrectomie sont préférées quand les DR rhéomatogènes sont causés par des

déchirures géantes, par un TM, de la PVR extensive, s'il existe une hémorragie intravitréenne importante. La chirurgie par voie externe seule avec cryoapplication, mise en place d'une indentation sclérale est quant à elle préférée si le patient est phake, lorsque les déchirures sont périphériques ou s'il existe une désinsertion à l'ora.

En ce qui concerne les TM, l'accès direct à la cavité vitréenne est indispensable pour lever les attaches anormales vitréo-maculaires, réaliser le décollement postérieur du vitré (DPV), peler la membrane limitante interne (MLI), et permettre la mise en place d'un tamponnement interne. L'intervention est indiquée dans les cas où les TM sont de pleine épaisseur (stade  $\geq 2$ ). Lorsque les TM sont de très grande taille, différentes techniques peuvent être associées, dans notre étude celle du Flap de MLI a été utilisée.

Pour les MER, l'ablation directe de la MER par voie de vitrectomie est le traitement de référence lorsqu'il existe une baisse d'acuité visuelle ou des métamorphopsies invalidantes. L'utilisation de colorant type BRILLANT BLUE ou BLEU TRYPTAN aide à sa visualisation et à son pelage ainsi que de la MLI (10,11).

## **1.4 Objectif**

L'apport de la microscopie opératoire telle que les chirurgiens ophtalmologistes l'utilisent depuis les années 50 a donc véritablement révolutionné la prise en charge de nombreuses pathologies oculaires chirurgicales. L'acquisition de ce matériel nous a donc conduit à réaliser un retour sur notre expérience au CHU de Toulouse après un an d'utilisation continue. Des études ont déjà été publiées sur l'utilisation de ces technologies mais peu portent sur de larges séries de patients (12,13).

L'objectif de cette étude rétrospective est donc d'évaluer l'efficacité et la sécurité du système NGENUITY par rapport à la microscopie conventionnelle lors des

chirurgies vitréo-rétiniennes et d'en évaluer les apports et les inconvénients lors de notre pratique courante.

## **2 Matériel et méthodes**

### **2.1 Schéma de l'étude**

Il s'agit d'une étude rétrospective, descriptive, comparative, longitudinale et monocentrique, menée dans le service d'ophtalmologie du CHU de Toulouse. Nous avons comparé deux séries de patients opérés successivement sur deux périodes de 1 an soit via une microscopie classique soit via NGENUITY.

### **2.2 Critères d'inclusions et d'exclusions**

Ont été inclus les patients âgés de plus de 18 ans, ayant bénéficié d'une vitrectomie ou d'une pose de rail d'indentation dans un contexte de DR rhéghmatogène, de TM de pleine épaisseur ou de MER entre le 29 mai 2017 et le 27 mai 2019 par un même chirurgien vitréo-rétinien expérimenté. Les patients atteints de DR exsudatifs, tractionnels et secondaires à une plaie perforante ou à un TM ont été exclus. N'ont également pas été inclus les patients ayant une hémorragie intra vitréenne sans décollement de rétine.

### **2.3 Groupes**

Deux groupes ont été comparés, le groupe MC se composant des patients opérés entre le 29 mai 2017 et le 28 mai 2018 via une microscopie conventionnelle et le groupe 3D constitué des patients opérés entre le 29 mai 2018 et le 27 mai 2019 via le système NGENUITY. Puis dans chacun des 2 groupes, 3 sous-groupes ont été isolés pour les DR, les TM et les MER.

## **2.4 Description des interventions**

Le choix du type d'anesthésie a été laissé à la discrétion de l'anesthésiste entre une anesthésie générale ou locorégionale de type péri-bulbaire avec compression au ballonnet de 10 minutes. Après un badigeon à la povidone iodée ophtalmologique de la zone opératoire selon le protocole de désinfection CLIN II note 23 et III note 2, la mise en place d'un champ stérile et d'un blépharostat, une vitrectomie par triple voie d'abord, 25 ou 27 Gauges à la pars plana a été réalisée avec un système Constellation<sup>®</sup> (Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA). Quand la chirurgie était combinée, une phakoémulsification classique a été exécutée dans un premier temps opératoire et un implant monofocal en Acrylique hydrophobe type ARTIS PL Cristalens<sup>®</sup> placé dans le sac capsulaire. La rétine périphérique a été vérifiée avant le retrait des trocars et les sclérotomies suturées si besoin après contrôle de l'étanchéité. Dans le cas de chirurgie par voie externe seule, après désinsertion conjonctivale et mise en charge des 4 muscles droits au fil de soie, une cryo-application des déhiscences a été réalisée. Une ponction du liquide sous rétinien a été pratiquée regard de la zone décollée puis un rail d'indentation de Schepens suturé à l'aide de passants-coulants au dacron 5-0.

Tous les patients ont reçu des antibiotiques topiques, des anti-inflammatoires topiques et des lubrifiants oculaires pendant 2 à 4 semaines en post-opératoire.

## **2.5 Description des deux systèmes de visualisation**

Toutes les interventions ont été menées à l'aide d'un microscope opératoire OPMI Lumera et d'un système de visualisation grand champ non contact de type Resight (Zeiss, Oberkochen, Germany). Les oculaires ont été laissés en place pour le groupe MC et remplacés par la caméra du système 3D pour le groupe 3D (figure 1).

NGENUITY se compose de 5 modules : la caméra, l'écran, le logiciel, l'unité centrale et le clavier et dont ont été résumées les principales caractéristiques techniques dans le tableau d'après la notice constructeur (tableau 1).

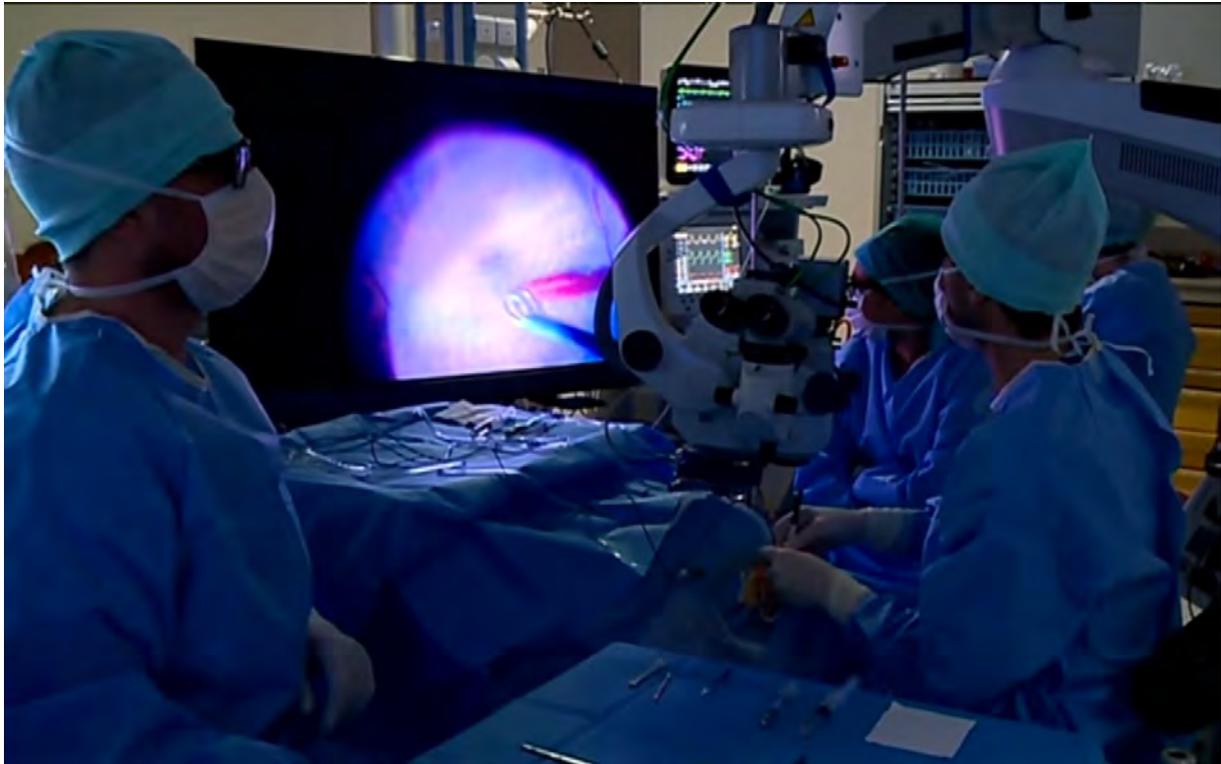
Tableau 1 : caractéristiques techniques du système Ngenuity

<b><u>CAMERA</u></b>	
Modèle	ICM5 3D Surgical Camera (5ème Génération)
Type	3D Full HD (2 caméra Full HD (1920 x 1080)) HDR Imaging 120 Frame par seconde (60 par oeil)
Ouverture	Ajustable
Digital Processing:	6 mega pixels 24 Bit Color and 12 bit luminance
Dimensions	450 gr, 8.3cm x 7.8cm x 9.5cm
<b><u>LOGICIEL</u></b>	
	Windows 10 intégré, Intel 6ème Génération Core i7-6700,
Carte graphique	8GB VRAM, 1920 Cores Nvidia GPU
Mémoire vive	16GB
Stockage	250GB SSD & 4TB HDD, capacité de plus de 100heures en 3D HD
Version du logiciel d'imagerie	NGENUITY® v1.2.9
Version du logiciel d'édition et d'organisation des fichiers	TrueMedia® et TrueEdit®
Dimensions	6 kgs, 23cm x 18cm x 32cm
	Multiples formats images et vidéos disponibles

<b><u>ECRAN</u></b>	
Dimension (diagonale)	139.7cm
Résolution	4K (3840×2160p = 8.3 million pixels)
Type	Organic Light Emitting Diode (OLED)
3D	Polarisation passive 3D: Filtre micro-polarisant qui affiche alternativement l'image de droite et de gauche
latence	70 ms
2D/3D	Peut afficher les vidéos et images 2D ou 3D
<b><u>CONSOLE</u></b>	
Dimensions	157.5cm* 82.6 cm * 122.7 cm
Poids	113.4 kg
<b><u>CLAVIER</u></b>	
	Sans fil
	Pave tactile

Figure 1 : Configuration au bloc opératoire avec le système NGENUITY

Les oculaires pour l'instrumentiste ont été laissés en place en cas de problème technique avec le système de visualisation.



## **2.6 Critères de jugement**

Les critères principaux de jugement sont anatomiques et permettent d'évaluer la sécurité et l'efficacité des chirurgies en comparant à 3 mois les taux de récurrence des DR, de fermeture des TM et de la diminution de l'épaisseur maculaire centrale (CMT) des MER.

Les critères secondaires sont la meilleure acuité visuelle corrigée (MAVC) en LogMar à 3 mois et les durées opératoires.

Nous avons analysé l'âge, le sexe, les antécédents ophtalmologiques, la réfraction pré-opératoire, le statut cristallinien ainsi que les principaux facteurs pronostiques reconnus dans la littérature pour chacune des pathologies (le statut maculaire des DR, la présence d'une prolifération vitréo-rétinienne (PVR), la taille des TM au collet, le caractère primitif ou secondaire des MER) afin de s'assurer de la comparabilité des groupes.

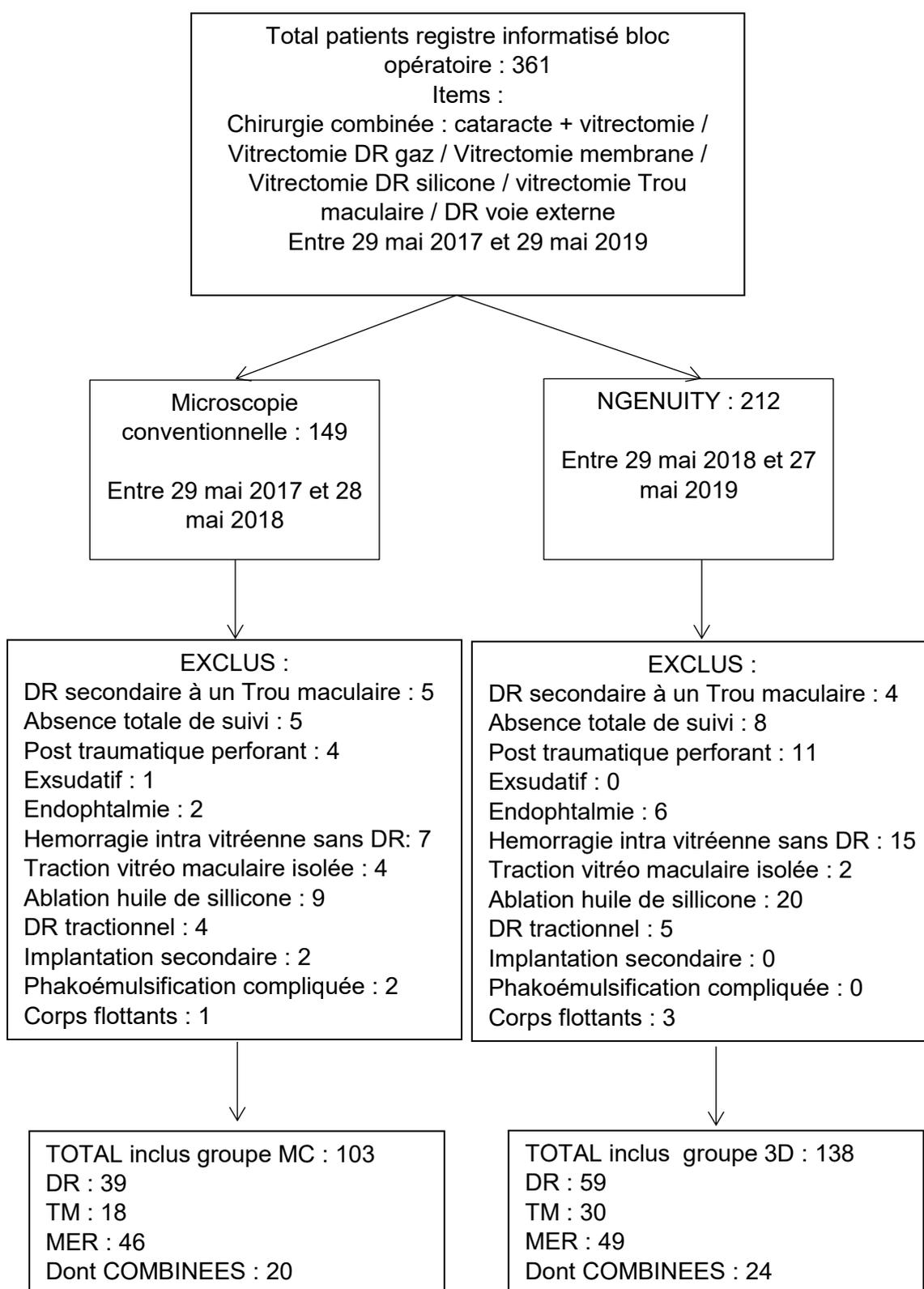
Pour chaque chirurgie, le type d'anesthésie, le type de tamponnement, le pelage de la membrane limitante interne, l'utilisation de colorants, la réalisation d'un flap de membrane limitante interne ont également été comparés afin d'éviter d'autres biais d'analyse.

## **2.7 Recueil des données**

Les recueils opératoires informatisés (par le logiciel Opéra) ont permis de récupérer l'ensemble des identités des patients opérés ainsi que les durées opératoires qui ont été consignées par le personnel paramédical présent lors des interventions. Les items de recherche pour retrouver les procédures ont été : chirurgie combinée : cataracte + vitrectomie, vitrectomie DR gaz, Vitrectomie membrane,

vitrectomie DR silicone, Vitrectomie TM, DR voie externe. Les informations sur le déroulement opératoire, sur les caractéristiques préopératoires et concernant le suivi ont été relevées depuis les comptes-rendus opératoires informatisés (logiciel Orbis) et dans les dossiers informatisés des patients (logiciel Softalmo). Ont ensuite été exclus les patients dont les indications ne correspondaient pas aux critères d'inclusion (fig2).

Figure 2 : Flow Chart



## **2.8 Analyse statistique**

Les données ont été analysées de manière univariée en comparant les groupes MC et 3D pour chacun des paramètres, toutes pathologies confondues et dans chaque sous-groupe TM, DR, MER.

Les variables qualitatives ont été comparées grâce au test du Chi2 et quand les conditions d'application du test n'étant pas respectées le test exact de Fisher a permis l'analyse. L'examen des variables quantitatives a été rendu possible par les tests de Welch et student et lorsque les effectifs étaient trop faibles, un test non paramétrique de Mann-Whitney a été utilisé. Une différence était considérée comme significative si  $p < 0,05$ .

Tous les calculs ont été réalisés avec le logiciel Excel et Medistica., pvalue.io, une interface graphique au logiciel de statistique R pour les publications scientifiques médicales., 2019. Disponible sur : <https://www.pvalue.io>.

# 3 Résultats

## 3.1 Analyse démographique générale

Au total, 224 patients ont été inclus dont 3 patients opérés via un microscope traditionnel sur un premier œil puis avec le système NGENUITY sur l'œil controlatéral

Les données démographiques en termes d'âge, de sexe, de réfraction préopératoire de statut cristallinien, d'ATCD ophtalmologiques ne sont pas significativement statistiquement différentes entre les deux groupes (tableau 2).

Tableau 2 : Analyse descriptive de la population

	Groupe 3D	Groupe MC	N	p	Test
<b>Nombre yeux (n, %)</b>	138 (57%)	103 (43%)	241		
<b>Nombre patients (n, %)</b>	129.5 (57%)	94.5 (43%)	224		
<b>Age (moyenne +/- DS)</b>	65.3 (±12.7)	65.9 (±12.8)	241	0.69	Welch
<b>Sexe (n, % total d'yeux)</b>				0.17	Fisher
Homme	67 (49%)	60 (58%)	127		
Femme	71 (51%)	43 (42%)	114		
<b>Côté (n, % total d'yeux)</b>				0,9	Chi2
Gauche	80 (58%)	58 (56%)	138		
Droit	58 (42%)	45 (44%)	103		
<b>Réfraction préopératoire (n, % total d'yeux)</b>				0,35	Chi2
Myopie faible	66 (48%)	42 (41%)	108		
Hypermétropie faible	56 (41%)	43 (42%)	99		
Myopie forte	16 (12%)	18 (17%)	34		
<b>Statut Cristallinien (n, % total d'yeux)</b>				0,30	Fischer
Phake	86 (63%)	57 (55%)	143		
Pseudophake	51 (36%)	46 (45%)	97		
Aphake	1 (0.73%)	0 (0%)	1		
<b>ATCD OPH</b>				0.084	
non	70 (50.72%)	65 (63.14%)			
oui					
Chirurgie du segment antérieur	5 (3.6%)	6 5.82%			
DR	16 (11.6%)	11 (10.68%)			
HTO/Glaucome	10 (7.24%)	6 (5.85%)			
Chirurgie maculaire	12 (8.69%)	3 (2.91%)			
Pathologie maculaire médicale (OVR,DMLA,OM)	18 (13.04%)	10 (9.71)			
Uvéite postérieure	9 (6.52)	2 (1.94%)			
rétinopexie	6 (4.34%)	4 (3.88%)			
Traumatisme contusif non perforant	2 (1.45%)	2 (1.94%)			

Myopie faible : Equivalent Sphérique. 0 à - 5,5, Hypermétropie faible : Equivalent Sphérique. 0 à + 4,50), Myopie forte : <-6 dioptries ou LA> 26 mm

### **3.2 Répartition entre les chirurgies**

Au total, 138 et 103 yeux ont été inclus dans les groupes 3D et MC. 98 vitrectomies et chirurgies par voie externe ont été réalisées pour traiter des DR, 48 pour des TM, 95 pour des MER et 44 patients ont bénéficié d'une chirurgie combinée avec phako-émulsification et implantation intra-capsulaire sans incident. L'utilisation du 25 gauge est très largement majoritaire dans les deux groupes. La chirurgie ambulatoire est également très largement privilégiée dans plus de 80% des cas. On remarque cependant une différence significative dans les techniques d'anesthésie avec une nette prédominance de l'anesthésie générale dans le groupe 3D (94% vs 69 %,  $p < 0,001$ ).

En ce qui concerne les DR, les techniques opératoires ne diffèrent pas d'un groupe à l'autre avec l'utilisation dans les mêmes mesures statistiques de la cryoapplication et de l'endolaser pour la rétinopexie, de la mise en place d'indentation épisclérale et du type de tamponnement interne.

Le pelage de MLI, lors des chirurgies de TM, a été un peu plus fréquent dans le groupe 3D sans que cela soit statistiquement significatif. La réalisation d'un flap de MLI, l'utilisation de colorants et la répartition entre les différents types de gaz expansifs a été comparable statistiquement.

Enfin, le pelage de MLI a été réalisé de manière égale entre les deux groupes lors des vitrectomies pour ablation de MER. (Tableau 3)

Tableau 3 : Analyse des chirurgies

	Groupe 3D	Groupe MC	n	p	Test
<b>Indications chirurgicales (n, % total d'yeux)</b>				0.25	Fischer
DR vitrectomies	56 (41%)	35 (48%)	91		
DR Voie externe	3 (2.2%)	4 (3.9%)	7		
MER	49 (36%)	46 (45%)	95		
TM	30 (22%)	18 (17%)	48		
<b>Chirurgies combinées (n, % total d'yeux)</b>				0,81	Chi2
Non	114 (83%)	83 (81%)	198		
Oui	24 (17%)	20 (19%)	44		
<b>Voie d'abord en Gauge (n, % total d'yeux)</b>				0.065	Fischer
25 Gauges	117 (85%)	75 (73%)	191		
27 Gauges	17 (12%)	24 (23%)	41		
Voie externe	3 (2.9%)	4 (4.9%)	9		
<b>Type d'hospitalisation (n, % total d'yeux)</b>				0.36	Chi2
Ambulatoire	112 (81%)	89 (86%)	198		
Hospitalisation	26 (19%)	14 (14%)	40		
<b>Anesthésie (n, % total d'yeux)</b>				<0.001	Chi2
Générale	130 (94.9%)	70 (69%)	201		
Locoregionale	7 (5.1%)	32 (31%)	39		
<b>DR</b>					
<b>Rétinopexie (n, % total de DR)</b>				0.261	Fisher
Cryoapplication	37 (63%)	20 (51%)	57		
Endolaser	18 (31%)	14 (36%)	32		
Cryoapplication + endolaser	2 (3.4%)	5 (13%)	7		
non	2 (3.4%)	0 (0%)	0		
<b>Indentation épisclérale (n, % total de DR)</b>				0.165	Fischer
non	55 (93.2%)	32 (82%)	87		
>2 quadrants	2 (1.7%)	4 (10%)	6		
2 quadrants	1 (1.7%)	3 (7.7%)	4		
1 quadrant	1 (1.7%)	0 (0%)	1		
<b>Tamponnement interne (n, % total de DR)</b>				0.720	Fischer
c2f6	45 (76%)	30 (86%)	75		
Huile de silicone 1000	4 (6.8%)	4 (10%)	8		
oxane	3 (5.1%)	1 (2.6%)	4		
sf6	2 (3.4%)	0 (0%)	2		
c3f8	1 (1.7%)	0 (0%)	1		
huile de silicone 5000...	1 (1.7%)	0 (0%)	1		
<b>TM</b>					
<b>Flap (n, % total de TM)</b>				0.061	Fisher
oui	17 (57%)	8 (44%)	25		
non	8 (27%)	10 (56%)	18		
free flap	5 (17%)	0 (0%)	5		
<b>Pelage de la MLI (n, % total de TM)</b>				0.09	Fisher
OUI	30 (100%)	15 (78%)	45		
NON	0 (0%)	3 (17%)	3		
<b>Tamponnement (n, % total de TM)</b>				0,28	Chi2
Sf6	26 (81%)	18 (86%)	44		
C2f8	4 (13%)	0 (0%)	4		
<b>Colorants vitaux (n, % total de TM)</b>				0.28	Fischer
Bleu dual	25 (83%)	18 (100%)	43		
Bleu dual, et 1 autre	4 (13%)	0 (0%)	4		
Brillant peel	1 (3.3%)	0 (0%)	1		
<b>MER</b>					
<b>Pelage MLI (n, % total de MER)</b>				1	Chi2
oui	37 (77%)	35 (76%)	72		
non	11 (23%)	11 (24%)	22		

### **3.3 Caractéristiques initiales des pathologies**

Les caractéristiques anatomiques initiales des pathologies étudiées ne diffèrent pas d'un point de vue statistique. Les MAVC initiales sont similaires d'un point de vue statistique toutes chirurgies confondues et dans chaque sous-groupe de pathologie (tableau 4).

- Pour les DR, 54 % et 51 % des macula sont respectivement décollées dans les groupes 3D et MC ( $p = 0,58$ ). Un ATCD de DR homolatéral, a été retrouvé dans 20% et 10 % des cas ( $p = 0,3$ ). Le nombre, la taille des déchiscences, la MAVC initiale, la présence de prolifération vitréo-rétinienne et la durée d'évolution ne sont pas différentes entre les deux groupes.

- La taille des TM au collet est de 360 (+/- 137)  $\mu\text{m}$  pour le groupe 3D et 468 (+/- 418)  $\mu\text{m}$  pour le groupe MC ( $p = 0,20$ ).

- La CMT initiale des MER est de 510  $\mu\text{m}$  (+/- 141) et de 486 (+/- 92,3) dans les groupes 3D et MC ( $p = 0,33$ ). La répartition entre MER primitives et secondaires est également similaire d'un point de vue statistique avec 39% de MER secondaires dans les deux groupes ( $p=1$ ).

Tableau 4 : Caractéristiques anatomiques et fonctionnelles des pathologies à l'inclusion

	Groupe 3D	Groupe MC	n	p	Test
<b>MAVC initiale LogMar (moyenne, +/- DS)</b>					
Total	0.837 (±0.741)	0.713 (±0.606)	241	0.17	Student
DR	1.19 (±0.887)	0.930 (±0.564)	97	0.143	Student
TM	0.637 (±0.312)	0.832 (±0.393)	48	0.062	Student
MER	0.531 (±0.530)	0.487 (±0.365)	65	0.64	Student
<b>DR</b>					
<b>Statut Maculaire (n, % total de DR)</b>				0.58	Fisher
Macula décollée	32 (54%)	20 (51%)	52		
Macula à plat	22 (37%)	13 (33%)	36		
Macula Bissectrisée	5 (8.5%)	6 (15%)	11		
<b>Type de lésion (n, % total de DR)</b>				0.23	Fischer
déchirure	45 (75%)	27 (69%)	72		
trou	9 (15%)	11 (28%)	20		
pvr	3 (5%)	0 (0%)	3		
non vue	3 (5%)	1 (2.6%)	4		
<b>Taille de la déchirure en quadrant (n, % total de DR)</b>				1	Fischer
<1	44 (91.7%)	34 (91.9%)	78		
>= 1	3 (6.1%)	3 (8.1%)	6		
<b>Nombre de lésions (n, % total de DR)</b>				0.11	Fischer
1	38 (66%)	24 (62%)	62		
2	10 (17%)	2 (5.1%)	12		
3	6 (10%)	7 (18%)	13		
>3	3 (5.2%)	5 (13%)	8		
0	1 (1.7%)	1 (2.6%)	2		
<b>PVR (n, % total de DR)</b>				0,56	Fischer
a	2 (3.4%)	2 (5.1%)	4		
b	12 (20%)	8 (21%)	20		
c1	4 (6.8%)	6 (15%)	10		
>c1	3 (5.1%)	3 (7.7%)	6		
non	38 (66%)	24 (51%)	58		
<b>Hémorragie intra-vitréenne (n, % total de DR)</b>				0.59	Fischer
non	54 (91.5%)	36 (92.3%)	90		
oui	3 (5.1%)	3 (7.7%)	6		
hyalite dense	2 (3.3%)	0 (0%)	2		
<b>ATCD de DR homolatéral (n, % total de DR)</b>				0.3	Chi2
Oui	12 (20%)	4 (10%)	16		
Non	47 (80%)	35 (90%)	82		
<b>Durée d'évolution (n, % total de DR)</b>				0.782	Chi2
1 à 3 jours	11 (19%)	6 (15%)	17		
4 à 7 jours	16 (27%)	9 (23%)	25		
8 jours et plus	22 (37%)	18 (46%)	40		
inconnu	10 (17%)	6 (11%)	16		
<b>TM</b>					
<b>CMT µm (moyenne +/- DS)</b>	423 (±63.4)	439 (±78.8)	47	0.48	MannWhitney
<b>Taille TM µm (moyenne +/- DS)</b>	360 (±137)	468 (±418)	47	0.20	Student
<b>Statut Vitréen (n, % total de TM)</b>				0.19	Fisher
Décollement postérieur du vitré complet	21 (70%)	10 (56%)	31		
Décollement postérieur du vitré incomplet	4 (13%)	1 (5.6%)	5		
Traction vitréo maculaire	4 (13%)	7 (39%)	11		
Inconnu	1 (3.3%)	0 (0%)	1		

<b>Durée d'évolution (n, % total de TM)</b>				0.29	Fischer
8 jours à 3mois	12 (0%)	10 (53%)	22		
3 mois à 6mois	8 (27%)	1 (5.6%)	9		
6 mois à 1 an	4 (13%)	2 (11%)	6		
Inconnu	5 (17%)	6 (33%)	11		
<b>MER</b>					
<b>Etiologie (n, % total de MER)</b>				1	Fischer
primitive	29 (61%)	28 (61%)	57		
secondaire	19 (39%)	18 (39%)	37		
<b>Epaisseur maculaire initiale (µm, moyenne +/-DS)</b>	510 (±141)	486 (±92.3)	94	0.33	Welch
<b>Statut Vitréen, (n, % total de MER)</b>				0.57	Fisher
inconnu	22 (45%)	24 (52%)	46		
complet	18 (37%)	17 (37%)	35		
incomplet	6 (12%)	2 (4.3%)	8		
Tracction vitreo maculaire	3 (6.1%)	3 (6.5%)	6		
<b>Association à un pseudo trou ou trou lamellaire, (n, % total de MER)</b>				0.44	Fischer
pseudo trou	5 (100%)	3 (75%)	8		
trou lamellaire	0 (0%)	1 (25%)	1		

### **3.4 Critères principaux de jugement**

L'analyse en sous-groupe n'a pas isolé de différence statistiquement significative sur les variables principales pour l'évolution à distance de la chirurgie (tableau 5).

- Le taux de récurrence des DR est de respectivement 10% (6 yeux) dans le groupe 3D, 18 % (7 yeux) dans le groupe MC ( $p = 0.42$ ) et de 12.6 % au total.
- Les taux de fermeture des TM à 3 mois est de 82 % dans le groupe 3D et 88 % dans le groupe MC ( $p = 0.69$ ) et de 85% au total.
- Toutes les MER ont été retirées avec succès dans les 2 groupes. La diminution de l'épaisseur maculaire centrale à 3 mois pour les MER de 154 (+/- 159)  $\mu\text{m}$  dans le groupe 3D, 115 (+/-105)  $\mu\text{m}$  dans le groupe MC ( $p = 0.23$ ) et de 134  $\mu\text{m}$  au total.

### **3.5 Critères secondaires de jugement**

#### **3.5.1 Meilleure acuité visuelle corrigée**

Toutes chirurgies confondues, il existe une amélioration statistiquement significative des MAVC à 1 et 3 mois dans les deux groupes étudiés ( $p < 0,001$ ). L'analyse des gains de MAVC à 3 mois (toutes chirurgies confondues) est comparable statistiquement avec une amélioration de 0,371 (+/- 0,707) logMAR pour le groupe 3D et 0,347 (+/- 0,552) logMAR pour le groupe MC ( $p = 0,79$ ).

Dans chaque sous-groupe DR, TM, MER les gains de MAVC sont significatifs à 1 et 3 mois et sans différences entre les groupes MC et 3D.

### 3.5.2 Durées opératoires

Il n'y a pas de différence pour les temps opératoires toutes chirurgies confondues : 45.4 minutes (+/- 20,1) dans le groupe 3D et 46 min (+/- 19,8) dans le groupe MC (p = 0,81).

L'analyse des sous-groupes met en évidence des temps opératoires plus courts dans le groupe 3D pour les chirurgies de DR : 47.9 min (+/-24.6) vs 58.5 (+/-4.24) (p = 0.037) et des temps opératoires plus courts dans le groupe MC pour les chirurgies de TM : 40.8 minutes (+/-9.24) vs 51.9 (+/- 18.6) (p = 0.034). Les temps chirurgicaux pour les MER sont similaires statistiquement (tableau 6).

### 3.5.3 Complications

Nous ne rapportons pas d'incident nécessitant la réinstallation peropératoire des oculaires classiques quand NGENUITY a été utilisé.

Les taux de complications à distance de la chirurgie sont les mêmes dans les deux groupes (tableau 6).

Tableau 4 : Analyse des résultats anatomiques et fonctionnels

	Groupe 3D	Groupe MC	n	p	Test
<b>MAVC logMAR à 1 mois (moyenne, +/- DS)</b>					
Total	0.494 (±0.545)	0.487 (±0.539)	233	0.096	Welch
DR	0.706 (±0.750)	0.516 (±0.591)	92	0.18	Welch
MER	0.272 (±0.200)	0.379 (±0.358)	92	0.079	Welch
TM	0.458 (±0.243)	0.406 (±0.337)	48	0.31	MANN WHITNEY
<b>MAVC logMAR à 3 mois (moyenne, +/- DS)</b>					
Total	0.428 (±0.531)	0.388 (±0.461)	202	0.34	Welch
DR	0.576 (±0.691)	0.415 (±0.508)	81	0.23	Welch
MER	0.241 (±0.235)	0.283 (±0.294)	77	0.49	Welch
TM	0.431 (±0.425)	0.443 (±0.348)	44	0.086	MANN WHITNEY
<b>Gain MAVC 1m (moyenne, +/- DS)</b>					
Total	-0.331 (+/-0.640)	-0.221 (±0.461)	232	0.15	Welch
DR	-0.471 (±0.823)	-0.249 (±0.706)	92	0.46	Welch
MER	-0.268 (±0.510)	-0.115 (±0.284)	92	0.082	Welch
TM	-0.179 (±0.345)	-0.426 (±0.369)	48	0.048	MANN WHITNEY
<b>Gain MAVC 3m (moyenne, +/- DS)</b>					
Total	-0.371 (±0.707)	-0.347 (±0.522)	242	0.79	Welch
DR	-0.533 (±0.721)	-0.474 (±0.716)	81	0.90	Welch
MER	-0.286 (±0.452)	-0.208 (±0.335)	78	0.38	Welch
TM	-0.199 (±0.532)	-0.398 (±0.380)	44	0.19	MANN WHITNEY
<b>Complications à 3 mois (n, % total d'yeux)</b>				0.322	Fischer
Cataracte	21 (8.7%)	14 (5.8%)	35		
DR	7 (2.9%)	8 (3.31%)	15		
MER secondaire	4 (1.65%)	3 (1.25)	7		
Oedème maculaire pos- opératoire	22 (9.1)	19 (7.92)	41		
Opacification capsulaire postérieure	1 (0.4%)	5 (2.1%)	6		
Autre	8 (3.32%)	2 (0.83%)	10		
Non	77 (32%)	55 (22.8%)	132		
<b>DR</b>					
<b>Récidive homolatérale (n, % total de DR)</b>				0,42	Chi2
Non dans les 6 mois	53 (90%)	32 (82%)	85		
Oui dans les 6 mois	6 (10%)	7 (18%)	13		
<b>TM</b>					
<b>Fermeture à 1 mois (n, % total de TM)</b>				0.45	Fisher
oui	23 (77%)	16 (89%)	39		
non	7 (23%)	2 (11%)	9		
<b>Fermeture à 3 mois (n, % total de TM)</b>				0,69	Fischer
oui	23 (82%)	16 (89%)	39		
non	5 (18%)	2 (11%)	7		
<b>MER</b>					
<b>Epaisseur maculaire 1 mois (µm, moyenne +/-DS)</b>	399 (±99.2)	417 (±110)	85	0.44	Welch
<b>Epaisseur maculaire 3 mois (µm, moyenne +/-DS)</b>	364 (±77.6)	379 (±81.2)	70	0.46	Welch
<b>Gain épaisseur maculaire 1 mois</b>	-118 (±133)	-77.3 (±129)	84	0.16	Welch
<b>Gain épaisseur maculaire 3 mois</b>	-154 (±159)	-115 (±105)	69	0.23	Welch

Tableau 6 : Analyse des durées opératoires en minutes

	Groupe 3D	Groupe MC	n	p	Test
<b>Temps opératoire (moyenne en min +/- DS)</b>					
Total	45.4 ( $\pm$ 20.1)	46.0 ( $\pm$ 19.8)	241	0.81	Welch
DR	47.9 ( $\pm$ 24.6)	58.5 ( $\pm$ 4.24)	98	0.037	Welch
MER	38.5 ( $\pm$ 11.4)	37.5 ( $\pm$ 12.2)	95	0.68	Welch
TM	51.9 ( $\pm$ 18.6)	40.8 ( $\pm$ 9.24)	48	0.023	Welch

# 4 Discussion

## 4.1 A propos des résultats

### 4.1.1 Critères principaux

Nous n'avons pas mis en évidence de différence significative en termes d'efficacité et de sécurité entre l'utilisation du système de visualisation tête haute NGENUITY et du microscope classique dans notre pratique au CHU de Toulouse après une année d'utilisation continue. En effet, les résultats anatomiques à 3 mois sont comparables et il ne semble y avoir ni d'amélioration, ni de perte de chance lorsque les chirurgies sont menées tête-haute.

Ces constatations sont concordantes avec la littérature, d'autres séries (12–16) comparant les deux systèmes lors de vitrectomies pour traiter des pathologies maculaires (17–19) et des DR (20) n'ont pas mis en évidence de différence ni en termes de sécurité ni de pronostic visuel à long terme. Toutes ces études sont menées en vraie vie et sur des séries souvent peu importantes de patients. Zhang et al. ont conduit la plus importante des séries sur des vitrectomies 23 gauges en Chine, dans le cadre de pathologies vitréo-rétiniennes et n'ont pas retrouvé de différence pour la MAVC finale, pour les résultats anatomiques ni plus de complications (13). De même, une série française, publiée en 2020 qui sur 180 vitrectomies pour des DR et des TM n'a isolé aucune différence significative (16).

Dans notre pratique et à notre connaissance, il n'y a pas eu de cas où le système tête haute s'est avéré être défaillant de manière répétée et aurait alors nécessité la réinstallation des oculaires classiques en per-opératoire.

#### 4.1.2 Comparaison des résultats anatomiques avec la littérature

- Le taux de récurrence des DR à 3 mois a été de 12,6 % dans notre population ce qui correspond à une complication précoce et non à long terme. Cette valeur est similaire à celles décrites dans la littérature. En comparant à une large série au Royaume-Uni se basant sur des registres nationaux menée par Jackson étudiant 3403 yeux atteints de DR entre 2002 et 2010 et les taux de ré intervention ont varié de 12,3 % à 14,5 % (selon la technique utilisée)(21). Plus récemment, Haugstad a étudié 517 yeux avec un DR dont le taux de récurrence initial a été calculé entre 11% (si vitrectomie seule) et 14 % si (cryo-indentation seule) (22). Les facteurs pronostiques initiaux étaient de plus assez défavorables avec 52.5 % de macula décollées, une MAVC de base de 1.06 logMAR, une durée d'évolution de plus de 1 semaine chez 41 % des patients et un ATCD homolatéral de DR de 16 %.

- Dans une récente méta-analyse, le taux de fermeture des TM primitifs varie de 90 % à 100% selon les auteurs si un pelage de la MLI est effectué. Le pourcentage de fermeture après chirurgie diminue en fonction de la taille initiale du TM, de son caractère secondaire, notamment post-traumatique et de la myopie forte (23,24). Ces taux sont globalement légèrement meilleurs que ceux retrouvés dans notre population (85%). Nous pouvons expliquer cette différence par le fait que tous les patients atteints de TM dont les patients myopes forts (4 yeux non refermés sur 10) et ceux dont le TM était de taille supérieure à 500  $\mu\text{m}$  (3 non refermés sur 11) ont été inclus avec un effectif total petit.

- En ce qui concerne les MER, Gruber a mesuré une diminution de 91.9  $\mu\text{m}$  de CMT à 3 mois après vitrectomie pour traitement de MER primitives (25). Cette

diminution est comparable à celle retrouvée dans notre cohorte même si nous n'avons pas séparé les MER primitives et secondaires qui ont représenté 39 % des cas.

#### 4.1.3 Durées opératoires

Les durées opératoires n'ont pas été différentes entre les deux groupes ce qui est également retrouvé avec les autres séries publiées (13,14). Cependant, il existe une différence dans les sous-groupes des TM et de DR. Un allongement du temps de pelage des TM a été décrit par Talcott et al. (17). Néanmoins aucune différence significative n'a été rapportée dans une autre étude ni pour les chirurgies de TM ni pour les chirurgies de DR.

Comparés aux autres séries, ces temps opératoires sont légèrement plus longs. Zhang rapporte pour ses chirurgies de MER des temps de  $25.6 \pm 8.6$  min et  $23.6 \pm 8.5$  ; Talcott pour ses chirurgies de TM  $32.04 \pm 9.09$  et  $30.12 \pm 12.06$  (13,17). Néanmoins ces temps ne comportent pas le temps d'installation de la table opératoire et du patient.

## **4.2 Limites de l'étude**

Il s'agit d'une analyse rétrospective et non randomisée. Cependant, les patients de chaque groupe ont tous été inclus successivement sur la même période et traités par la même équipe chirurgicale afin de limiter les biais inter-opérateurs. De plus les caractéristiques démographiques des patients, des lésions et la MAVC initiale ont été similaires entre les 2 groupes. Le statut maculaire des DR, la taille des TM sont des facteurs pronostiques bien connus et tous ces paramètres ont été vérifiés afin de limiter les biais de sélection. Enfin, l'objectif de cette étude était d'évaluer "en conditions réelles" ce nouvel outil et de voir s'il y avait des différences sur cette période d'une année.

Le recueil des données de suivi n'a pu être réalisé que sur les 3 mois post-opératoire en raison d'un trop grand nombre de perdus de vue (patients adressés par des correspondants). Cette étude ne permet donc qu'une analyse des résultats en post-opératoire immédiat sans résultats à plus long terme. Elle permet de mesurer l'efficacité et la sécurité précoces mais ne permet pas de conclure à distance. De plus larges séries et avec un suivi plus long seront donc nécessaires.

Les mesures de MAVC à 3 mois sont données à titre indicatif et permettent de n'avoir seulement qu'un aperçu du résultat fonctionnel. Seules d'importantes différences auraient pu être décelées d'où la décision de notre part de choisir des critères anatomiques objectifs pour s'assurer une comparaison plus solide méthodologiquement. En effet, après vitrectomie, l'apparition d'une cataracte est une suite opératoire bien connue, de délai de survenue variable donc les temps de récupération visuelle sont très variables, ne peuvent être évaluées qu'à distance après ajustement à la chirurgie secondaire de cataracte (26).

L'effectif des TM est de très petite taille donc difficilement comparable. De plus la durée d'évolution, facteur pronostique important est inconnue dans une part importante des cas (17 % et 33 %), ce qui peut être à l'origine d'un biais de comparaison.

## 4.3 A propos de notre retour sur expérience

### 4.3.1 Qualité de l'image

Le passage d'une visualisation directe, analogique via un microscope opératoire à un système indirect numérique comme le système NGENUITY doit remplir certains critères techniques (27).

- Le temps de latence, ou durée entre l'occurrence d'un événement et sa visualisation sur le périphérique est de 70 à 80 ms, alors que celle de la microscopie classique est quasi nulle car elle correspond à la vitesse de la lumière. Dans notre pratique nous n'avons pas perçu ce temps de latence comme handicapant ; il a été diminué par rapport aux premières versions (15).
- La profondeur de champ a été perçue comme similaire ou supérieure dans d'autres publications (14,19,28). En effet grâce à la meilleure sensibilité à la lumière du logiciel et de la caméra HDR, l'ouverture peut être diminuée et donc la profondeur de champ augmentée. Selon Franklin la profondeur de champ dépasse de deux à trois fois celle du microscope analogique opératoire standard si l'ouverture de la caméra du système NGENUITY est réduite à 30%. (27). D'autres auteurs mesurent qu'avec une ouverture constante à 50% et à zoom à x 5, la profondeur de champ a été augmentée de 4,00 +/- 0,93 mm à 6,78 +/- 1,36 mm ( $p=0,027$ ) mais cette différence n'était pas significative avec des zooms plus importants (28). La zone de netteté est ainsi plus grande et l'opérateur sollicite moins d'effort accommodatif, ce qui est encore plus notable avec les chirurgiens qui n'ont plus de grande réserve accommodative (27).
- La vision stéréoscopique est indispensable à la réalisation de la chirurgie ophtalmologique pour évaluer la profondeur (29). Deux images légèrement différentes et décalées sont acquises par des lunettes polarisées passives et retransmises en HD

par deux moniteurs HD 1080 4K pour chacun des yeux permettant ainsi le phénomène de disparité (30).

- Les filtres opératoires permettent en théorie de mieux accéder au fond d'œil lors de troubles des milieux (31). Le système NGENUITY possède un filtre rouge (en cas d'hémorragie intra vitréenne, un filtre jaune (pour aider aux échanges) en noir et blanc (pour aide à la visualisation des contrastes des fonds d'œil de patients myopes forts lorsque l'épithélium pigmentaire rétinien est atrophique) (16). Nous avons peu utilisé ces technologies et ne pouvons donc pas apporter de témoignage à ce sujet.

#### 4.3.2 Diminution des niveaux d'endo-illumination et de la phototoxicité

L'image est obtenue par une camera HDR puis traitée par des algorithmes permettant de détecter et magnifier des niveaux lumineux plus bas qu'avec l'œil humain. La luminance est également améliorée (27). Les niveaux d'endo-illumination peuvent alors être réduits en maintenant une visualisation satisfaisante (15). Ainsi, des valeurs basses sont rapportées jusqu'à 10% (12), 3% (32) voire 1% (33) d'endo-illumination sans perte de qualité visuelle. Cette diminution permet donc une réduction des lésions de phototoxicité rétinienne qui sont plus fréquentes lors des chirurgies du segment postérieur et surtout maculaires. L'absence des filtres naturels du segment antérieur, la durée d'exposition longue, la forte intensité lumineuse, les longueurs d'ondes courtes et les courtes distances entre la fibre optique et la macula en sont des facteurs de risques (32). Dans notre population, le recueil rétrospectif des données ne nous a pas permis de consigner les niveaux d'endo-illumination entre les deux groupes et donc de les comparer. Cependant, nous avons généralement pu avoir une bonne visualisation avec une endo-illumination de 10 à 20 %.

### 4.3.3 Courbe d'apprentissage

En ce qui concerne la facilité d'utilisation, des questionnaires de satisfaction pour retour sur expérience auprès des chirurgiens mais aussi lors de comparaisons de tâches fines au bloc opératoire ont évalué le ressenti des opérateurs (12,15). Palacios et al., ont montré que les 14 chirurgiens ayant répondu, ont privilégié majoritairement la méthode tête haute par rapport à la microscopie traditionnelle pour la résolution, l'ergonomie, la profondeur de champs, l'intérêt éducationnel, le champ de vision mais sans différence statistiquement significative (sauf en terme d'intérêt pédagogique). Le type de chirurgie bénéficiant le plus du système 3D étant le pelage de la membrane épitrécinienne (12). Ces résultats sont similaires à ceux d'une équipe de 4 chirurgiens français qui a utilisé le même questionnaire. Le principal avantage selon eux est le meilleur focus sous fort grossissement et que la source lumineuse peut être tenue à distance de la rétine (afin de limiter la phototoxicité maculaire) (16) La courbe d'apprentissage est rapide, ce qui est également rapporté dans d'autres séries (19). Dans notre expérience, le système avait déjà été utilisé lors d'une phase de test par l'utilisateur principal, nous avons donc pu inclure les patients sans risque de biais d'apprentissage dès l'acquisition définitive du matériel.

### 4.3.4 Ergonomie

En plus des paramètres techniques, il ressort de ces questionnaires une nette amélioration de l'ergonomie, pour le confort et la réduction de douleurs musculaires. Les douleurs cervicales et dorsales sont plus fréquentes chez les ophtalmologistes et en particulier chez les chirurgiens. Des douleurs lombaires et cervicales ont été respectivement rapportées par 50,6% et 31,8% des ophtalmologistes participant à une

étude épidémiologique nationale au Royaume-Uni (34). Le maintien d'une même posture durant de longues périodes, la contraction statique contre un objet immobile associés à une forte concentration et à des situations de stress sont pourvoyeurs de contractions musculaires anormales et d'apparition de douleurs. L'utilisation répétée de la lampe à fente et du microscope opératoire avec des oculaires fixes sont donc des situations à risques (35). Le bon positionnement des oculaires ou l'utilisation d'un système de visualisation tête haute permettent d'en limiter les conséquences (36,37). L'opérateur peut s'asseoir au fond du siège opératoire, le dos appuyé sur le dossier, les cervicales relâchées et non appuyées sur les oculaires. De plus l'effort accommodatif, qui peut accentuer les contractions musculaires, est moins sollicité de par l'augmentation de la profondeur de champ et de la distance de l'écran avec les yeux du chirurgien.

Nous noterons néanmoins que dans notre expérience, il nous a été impossible de placer l'écran parfaitement en face de l'utilisateur du fait d'un encombrement stérique important, entraînant de ce fait, un léger torticolis (figure 1). Bien que cette configuration n'ait pas entraîné de douleurs, il devrait y avoir des modifications du système de projection dans les versions futures pour un placement optimal en face du chirurgien à environ 1,50 mètre.

#### 4.3.5 Pédagogie

Par ailleurs, l'ensemble du personnel du bloc opératoire a accès à la même image contrairement à la configuration classique où la plupart du temps, seul le chirurgien a un visuel en haute définition et en 3D. Avec le système tête haute, l'aide, l'instrumentiste, le personnel infirmier en salle, l'équipe d'anesthésie peuvent alors suivre plus précisément la chirurgie et mieux y participer (14). Le chirurgien peut alors

plus facilement enseigner et laisser opérer un médecin en formation en réduisant le temps d'installation sans changer d'écart inter pupillaire et de distance d'accommodation (37). De même la qualité d'enregistrement des vidéos en 2D ou 3D permet d'avoir un support pédagogique de grande qualité pour réviser des chirurgies à distance ou lors d'évènements en direct. L'intérêt pédagogique de ce système a également été étudié dans autres disciplines notamment en chirurgie digestive et lors de microchirurgies (37,38).

Par ailleurs, certains aides opératoires, situés latéralement sont moins confortables et ont ressenti une asthénopie à la fin de la session opératoire. Une exophorie sous-jacente semble en être un facteur de risque (39). Une étude menée aux Etats-Unis a mis en évidence que l'aide opératoire était le plus incommodé de l'équipe chirurgicale car il devait systématiquement tourner sa tête pour être face à l'écran et pouvait avoir des difficultés pour aider le chirurgien sans le gêner. L'équipe d'anesthésie dont l'encombrement du dispositif compliquait l'accès au patient et aux moniteurs de surveillance était également impactée surtout lors des anesthésies générales (40). La salle opératoire doit ainsi être de taille suffisante et réorganisée pour éviter les difficultés (41).

#### 4.3.6 Autres types de chirurgie

En plus de très larges possibilités en chirurgie vitréo-maculaires (tractions vitréo-maculaires, hématomes maculaires, DR tractionnels, hémorragies intravitréennes, retraits d'implants et de noyaux luxés, retrait d'huile de silicone, drainage choroïdien, endophtalmies, rétinites virales, ...), ce système de visualisation est compatible pour la réalisation d'autres types de chirurgies ophtalmologiques telle que la chirurgie de cataracte avec de bons résultats sans risque majoré de

complications ni perte de temps opératoire pour certaines équipes (41,42). L'intervention de la cataracte étant généralement rapide, un temps d'installation court est indispensable pour pouvoir réaliser plusieurs procédures dans une même vacation opératoire ; dans notre cas, il fallait remettre en place l'écran entre chaque chirurgie ce qui a constitué une perte de temps et une charge supplémentaire de manutention pour le personnel paramédical ; ceci explique notre choix d'utiliser le microscope traditionnel pour les phako-émulsifications (à noter que dans notre série, les chirurgies combinées dans le groupe 3D se sont déroulés avec NGENUITY et sans aucun incident). Il semble également exister un intérêt pour la réalisation de greffes cornéennes, notamment lamellaires grâce à la qualité du zoom et de la profondeur de champ facilitant la suture des points de cornée et de la préparation des greffons (43). Des cas cliniques sont aussi rapportés pour la chirurgie de strabisme avec la possibilité de s'affranchir de la source lumineuse extérieure grâce à la caméra HDR et en ajustant le gain (44). Des chirurgies de glaucome avec pose de dispositifs iStents sont aussi possibles et sont facilitées par le faible encombrement des caméras qui peuvent être tournées facilement(12). Par ailleurs, l'installation et la réalisation de la chirurgie est plus simple avec le système tête haute lorsqu'un patient présente une déformation rachidienne comme une cyphose nécessitant une position de Trendelenburg (45). Des poses d'implants rétiniens type ARGUS II ont aussi été réalisés avec ce système avec une facilité pour la réalisation de la sclérotomie et de la pose intra cavitaire (46). Néanmoins, certains chirurgiens ont rapporté des difficultés techniques lors de chirurgies du segment antérieur, en dehors du globe oculaire avec des difficultés d'acquisition d'une image nette et de positionnement des instruments. Nous avons également eu ce sentiment lors des poses de rails d'indentation (12,16,46).

#### **4.4 Amélioration du système à venir**

Une pédale permettant de changer de mode (segment postérieur antérieur...) a été ajoutée afin de changer directement les modes du logiciel. En l'absence de celle-ci et durant l'année où nous avons utilisé le système, c'est le personnel en salle qui a dû changer les paramètres en direct à l'aide du clavier bluetooth.

Le passage vers un système d'affichage numérique unique permet d'insérer plus facilement d'autres composantes d'imagerie multimodale et d'informations en direct (47). Les paramètres du vitréotome peuvent maintenant être affichés en direct avec le module DATAFUSION. Le Vérion<sup>TM</sup> image guided system permet de gérer la position des incisions, des implants toriques et la taille du rhexis.

L'OCT per-opérateur avec image, en réalité augmentée, est également accessible sur un seul écran, sans avoir à détourner le regard ou n'être visible que sur un des deux oculaires. Dans une cohorte de l'étude DISCOVERY, évaluant l'intérêt des OCT peropérateur, 7 patients atteints de TM, DR avec prolifération vitéo-rétinienne, et de MER ont été opérés avec un OCT peropérateur intégré au microscope (Rescan 700, Zeiss, Oberkochen, Allemagne) et NGENUITY sans modification du temps opératoire et de la bonne visualisation du champ opératoire (48). Combinée à la résolution du moniteur, cette imagerie multimodale sera probablement utile lors de chirurgies maculaires compliquées, chez les patients forts myopes, même lors de dissections périphériques ou lors de greffes lamellaires complexes pour mieux analyser les épaisseurs cornéennes. Il aura de plus un intérêt sur le plan pédagogique (46).

Les endoscopes, à travers une caméra GoPro modifiée sont aussi en cours de développement (12,47).

A terme, ce passage à une image en direct, numérique, de haute qualité est une étape indispensable pour permettre la transmission à distance des images lors de la robotisation chirurgicale. Nous pouvons alors aisément imaginer un chirurgien opérer un patient à des milliers de kilomètres sans avoir à se déplacer. De même avec le développement exponentiel de l'intelligence artificielle en ophtalmologie, pourquoi ne pas imaginer d'autres modules permettant une aide en direct à l'opérateur voire une intervention robotisée à 100% ...

## 5 Conclusion

Le système de visualisation NGENUITY semble comparable à la microscopie opératoire conventionnelle en termes d'efficacité et de sécurité pour les chirurgies de DR, MER et TM. Dans notre expérience, il s'est avéré être un outil intéressant d'un point de vue ergonomique et pédagogique tout en conservant une bonne qualité d'image. Il pourra probablement s'intégrer dans le cadre d'une imagerie multimodale per-opératoire en chirurgie ophtalmologique.

*Vu . L. Président du Jury*

**Professeur FOURNIE Pierre**  
**Service d'Ophtalmologie**  
CHU de Toulouse - Hôpital Purpan  
TSA 40031  
31059 TOULOUSE Cedex 9  
310783048

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



**Didier CARRIÉ**

## 6 Abstract français

Introduction : Les nouveaux systèmes de visualisation chirurgicaux 3D "tête-haute" permettent au chirurgien ophtalmologique de s'affranchir des oculaires du microscope opératoire qui sont remplacés par une caméra retransmettant une image sur un écran en face de l'opérateur. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité et la sécurité du système NGENUITY par rapport à la microscopie conventionnelle lors des chirurgies vitréo-rétiniennes et de réaliser un retour sur expérience après un an d'utilisation continue au CHU de Toulouse.

Matériel et Méthodes : Il s'agit d'une étude rétrospective, monocentrique où deux séries de patients opérés successivement par un même chirurgien vitréo-rétinien expérimenté par les deux systèmes de visualisation ont été comparés. Ont été inclus les patients ayant bénéficié d'une vitrectomie ou d'une pose de rail d'indentation dans un contexte de décollement de rétine rhégmotogène (DR), de trou maculaire de pleine épaisseur (TM) ou de membrane épi-rétinienne (MER) entre le 29 mai 2017 et le 27 mai 2019.

Résultats : 138 et 103 yeux ont respectivement été inclus dans les 2 groupes. 98 vitrectomies ont été réalisées pour traiter des DR, 48 pour des TM, 95 pour des MER. Les taux de récurrence des DR sont respectivement de 10% dans le groupe 3D, 18 % dans le groupe MC ( $p = 0.42$ ). Le taux de fermeture des TM à 3 mois est de 82 % dans le groupe 3D et 88 % dans le groupe MC ( $p = 0.69$ ). La diminution de l'épaisseur maculaire centrale à 3 mois pour les MER de 137 (+/- 188)  $\mu\text{m}$  dans le groupe 1 et 116 (+/-106)  $\mu\text{m}$  dans le groupe 2 ( $p = 0.57$ ). Les durées opératoires et le taux de complication sont également similaires d'un point de vue statistique entre les 2 groupes.

Conclusion : Le système de visualisation NGENUITY semble comparable en termes d'efficacité et de sécurité pour les chirurgies de DR, MER et TM. Il s'est avéré être un outil intéressant d'un point de vue ergonomique et pédagogique tout en conservant une bonne qualité d'image per-opératoire.

# 7 Annexes

## 7.1 Présentation au 1<sup>er</sup> e-Congrès de la société française d'ophtalmologie

Cette thèse fait l'objet d'une communication orale au 1<sup>er</sup> e-congrès de la société française d'ophtalmologie le 6 septembre 2020 à 14h30.

## **7.2 Conflits d'intérêts**

L'auteur de cette thèse ne rapporte aucun conflit d'intérêt avec le laboratoire Alcon

## 8 Bibliographie

1. Keeler R.  
The Evolution of the Ophthalmic Surgical Microscope.  
Ophthalmic History Journal Online. 2015,1 : 35-66
2. Roper-Hall MJ.  
Microsurgery in ophthalmology.  
British Journal of Ophthalmology. 1967;51(6):408-14.
3. Schulze F.  
How the Humble Stereomicroscope Found its Way into Modern Surgery: The Zeiss Operating Microscope.  
Mische magazine. 2012,206: 1-20
4. Barraquer JI.  
The history of the microscope in ocular surgery.  
Microsurgery. 1980;1(4):288-99.
5. Barraquer JI, Barraquer J, Littman H.  
A new operating microscope for ocular surgery.  
American Journal of Ophthalmology. 1967;63(1):90-7.
6. Troutman RC.  
The operating microscope in ophthalmic surgery.  
Transactions of the American Ophthalmological Society. 1965;63:335-48.
7. Kelman CD.  
Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report  
American Journal of Ophthalmology. 1967;64(1):23-35.
8. Machemer R, Buettner H, Norton EW, et al.  
Vitreotomy : a pars plana approach.  
Transactions of the American Ophthalmological Society 1971;75(4):813-20.
9. Krasnov MM.  
Externalization of Schlemm's canal (sinusotomy) in glaucoma.  
British Journal of Ophthalmology. 1968;52(2):157-61.
10. Bodaghi B, Creuzot-Garcher C, Delyfer MN, et al.  
Rapport SFO 2018 - Rétine et vitré, 2018 (19)
11. Metge-Galatoire F, Arndt C, Conrath J  
Rapport SFO 2011, Décollements de rétine, 2011 (22)

12. Palácios RM, de Carvalho ACM, Maia M, et al.  
An experimental and clinical study on the initial experiences of Brazilian vitreoretinal surgeons with heads-up surgery.  
Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology. 2019;257(3):473-83.
13. Zhang T, Tang W, Xu G.  
Comparative Analysis of Three-Dimensional Heads-Up Vitrectomy and Traditional Microscopic Vitrectomy for Vitreoretinal Diseases.  
Current Eye Research. 2019;1-7.
14. Romano MR, Cennamo G, Comune C, et al.  
Evaluation of 3D heads-up vitrectomy: outcomes of psychometric skills testing and surgeon satisfaction.  
Eye (Lond). 2018;32(6):1093-8.
15. Eckardt C, Paulo EB.  
Heads-up surgery for vitreoretinal procedures: An Experimental and Clinical Study.  
Retina (Philadelphia, Pa). 2016;36(1):137-47.
16. Palácios RM, Kayat KV, Morel C, et al.  
Clinical Study on the Initial Experiences of French Vitreoretinal Surgeons with Heads-up Surgery.  
Current Eye Research. 2020;1-8.
17. Talcott KE, Adam MK, Sioufi K, et al.  
Comparison of a Three-Dimensional Heads-Up Display Surgical Platform with a Standard Operating Microscope for Macular Surgery.  
Ophthalmology Retina. 2019;3(3):244-51.
18. Kumar A, Hasan N, Kakkar P, et al.  
Comparison of clinical outcomes between « heads-up » 3D viewing system and conventional microscope in macular hole surgeries: A pilot study.  
Indian Journal of Ophthalmology. 2018;66(12):1816-9.
19. Palácios RM, Maia A, Farah ME, et al.  
Learning curve of three-dimensional heads-up vitreoretinal surgery for treating macular holes: a prospective study.  
International Ophthalmology. 2019;39(10):2353-2359.
20. Coppola M, La Spina C, Rabiolo A, et al.  
Heads-up 3D vision system for retinal detachment surgery.  
International Journal of Retina and Vitreous. 2017;3:46.

21. Jackson TL, Donachie PHJ, Sallam A, et al.  
United Kingdom National Ophthalmology Database study of vitreoretinal surgery: report 3, retinal detachment.  
*Ophthalmology*. 2014;121(3):643-8.
22. Haugstad M, Moosmayer S, Bragadóttir R.  
Primary rhegmatogenous retinal detachment - surgical methods and anatomical outcome.  
*Acta Ophthalmologica*. 2017;95(3):247-51.
23. Parravano M, Giansanti F, Eandi CM, et al.  
Vitreotomy for idiopathic macular hole.  
*Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015;2015(5):CD009080.
24. Morescalchi F, Costagliola C, Gambicorti E, et al.  
Controversies over the role of internal limiting membrane peeling during vitrectomy in macular hole surgery.  
*Survey of Ophthalmology*. 2017;62(1):58-69.
25. Guber J, Pereni I, Scholl HPN, et al.  
Outcomes after Epiretinal Membrane Surgery with or Without Internal Limiting Membrane Peeling.  
*Ophthalmology and Therapy*. 2019;8(2):297.
26. Almony A, Holekamp NM, Bai F, et al.  
Small-gauge vitrectomy does not protect against nuclear sclerotic cataract.  
*Retina (Philadelphia, Pa)*. 2012;32(3):499-505.
27. Franklin J, Sarangapani R, Yin L, et al  
Digital vs Analog Surgical Visualization for Vitreoretinal Surgery  
*Retinal Physician*, 2017 (14): 34-36, 38-40
28. Freeman WR, Chen KC, Ho J, et al.  
Resolution, depth of field, and physician satisfaction during digitally assisted vitreoretinal surgery.  
*Retina (Philadelphia, Pa)*. 2019;39(9):1768-71.
29. Bloch E, Uddin N, Gannon L, et al.  
The effects of absence of stereopsis on performance of a simulated surgical task in two-dimensional and three-dimensional viewing conditions.  
*British Journal of Ophthalmology*. 2015;99(2):240-5.
30. Welchman AE.  
The Human Brain in Depth: How We See in 3D.  
*The Annual Review of Vision Science*. 14 2016;2:345-76.

31. Coppola M, Cicinelli MV, Rabiolo, et al.  
Importance of Light Filters in Modern Vitreoretinal Surgery: An Update of the Literature.  
*Ophthalmic Research*. 2017;58(4):189-93.
32. Adam MK, Thornton S, Regillo CD, et al.  
Minimal endoillumination levels and display luminous emittance during three-dimensional heads-up vitreoretinal surgery.  
*Retina (Philadelphia, Pa)*. 2017;37(9):1746-9.
33. Kunikata H, Abe T, Nakazawa T.  
Heads-Up Macular Surgery with a 27-Gauge Microincision Vitrectomy System and Minimal Illumination.  
*Case Report in Ophthalmology*. 2016;7(3):265-9.
34. Hyer JN, Lee RM, Chowdhury HR, et al.  
National survey of back & neck pain amongst consultant ophthalmologists in the United Kingdom.  
*International Ophthalmology*. 2015;35(6):769-75.
35. Shaw C, Bourkiza R, Wickham L, et al.  
Mechanical exposure of ophthalmic surgeons: a quantitative ergonomic evaluation of indirect ophthalmoscopy and slit-lamp biomicroscopy.  
*Canadian Journal of Ophthalmology*. 2017;52(3):302-7.
36. Honavar SG.  
Head up, heels down, posture perfect: Ergonomics for an ophthalmologist.  
*Indian Journal of Ophthalmology*. 2017;65(8):647-50.
37. Mendez BM, Chiodo MV, Vandevender D, et al.  
Heads-up 3D Microscopy: An Ergonomic and Educational Approach to Microsurgery.  
*Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open*. 2016;4(5):e717.
38. Chan AC, Chung SC, Yim AP, et al.  
Comparison of two-dimensional vs three-dimensional camera systems in laparoscopic surgery.  
*Surgical Endoscopy*. 1997;11(5):438-40.
39. Kim S-H, Suh Y-W, Song J-S, et al.  
Clinical research on the ophthalmic factors affecting 3D asthenopia.  
*The Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus*. 2012;49(4):248-53.
40. Rizzo S, Abbruzzese G, Savastano A, et al.  
3D Surgical viewing system in ophthalmology: Perceptions of the Surgical Team.  
*Retina (Philadelphia, Pa)*. 2018;38(4):857-61.

41. Agranat JS, Miller JB, Douglas VP, et al.  
The Scope Of Three-Dimensional Digital Visualization Systems In Vitreoretinal Surgery.  
Clinical Ophthalmology. 2019;13:2093-6.
42. Weinstock RJ, Diakonis VF, Schwartz AJ, et al.  
Heads-up Cataract Surgery: Complication Rates, Surgical Duration, and Comparison With Traditional Microscopes.  
Journal of Refractive Surgery. 2019;35(5):318-22.
43. Galvis V, Berrospi RD, Arias JD, et al.  
Heads up Descemet membrane endothelial keratoplasty performed using a 3D visualization system.  
Journal of Surgical Case Report. 2017;2017(11):rjx231.
44. Hamasaki I, Shibata K, Shimizu T, et al.  
Lights-out Surgery for Strabismus Using a Heads-Up 3D Vision System.  
Acta Medica Okayama. 2019;73(3):229-33.
45. Skinner CC, Riemann CD.  
« Heads up » digitally assisted surgical viewing for retinal detachment repair in a patient with severe kyphosis.  
Retinal Cases and Brief Report. 2018;12(3):257-9.
46. Rachitskaya A, Lane L, Ehlers J, et al.  
Argus II Retinal Prosthesis Implantation Using Three-Dimensional Visualization System.  
Retina (Philadelphia, Pa). 2019;39 Suppl 1:S199-200.
47. Yonekawa Y  
Seeing the world through 3-D glasses  
Retina Today. 2016 (10) 54-60
48. The integrative surgical theater: Combining Intraoperative Optical Coherence Tomography and 3D Digital Visualization for Vitreoretinal Surgery in the DISCOVER Study.  
Retina (Philadelphia, Pa). 2018;38 Suppl 1:S88-96.

## **ÉVALUATION DU SYSTÈME DE VISUALISATION CHIRURGICAL 3D NGÉNUITY POUR LES CHIRURGIES VITRÉO-RÉTINIENNES EXPÉRIENCE D'UNE PREMIÈRE ANNÉE D'UTILISATION AU CHU DE TOULOUSE**

---

Introduction : L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité et la sécurité du système de visualisation 3D tête-haute NGENUITY par rapport à la microscopie conventionnelle lors des chirurgies vitréo-rétiniennes et de réaliser un retour sur expérience après un an d'utilisation continue au CHU de Toulouse.

Matériel et Méthodes : Il s'agit d'une étude rétrospective, monocentrique dans laquelle nous avons comparé en terme de résultats anatomiques à 3 mois, deux séries de patients atteints de décollement de rétine rhéomatogène (DR), de trou maculaire de pleine épaisseur (TM) et de membrane épi-rétinienne (MER) opérés successivement par un même chirurgien vitréo-rétinien expérimenté avec les deux systèmes de visualisation entre le 29 mai 2017 et le 27 mai 2019.

Résultats : 138 et 103 yeux ont respectivement été inclus dans les 2 groupes. 98 vitrectomies ont été réalisées pour traiter des DR, 48 pour des TM, 95 pour des MER. Les taux de récurrence des DR, de fermeture des TM, la diminution de l'épaisseur maculaire centrale pour les MER ainsi que les durées opératoires et les taux de complication sont similaires d'un point de vue statistique entre les 2 groupes.

Conclusion : Le système de visualisation NGENUITY semble comparable en termes d'efficacité et de sécurité pour les chirurgies de DR, MER et TM. C'est un outil intéressant pour l'éducation, l'ergonomie et l'imagerie multimodale per-opératoire.

---

TITRE EN ANGLAIS : 3D HEADS-UP SURGERY NGENUITY SYSTEM  
EVALUATION FOR VITREO-RETINAL SURGERIES  
FIRST YEAR EXPERIENCE OF USE AT TOULOUSE CHU

---

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Médecine spécialisée clinique

---

MOTS-CLÉS : chirurgie vitréo-rétinienne, chirurgie en 3D, décollement de rétine, trou maculaire, membrane épi-rétinienne

---

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :  
Université Toulouse III-Paul Sabatier  
Faculté de médecine Toulouse-Purpan,  
37 Allées Jules Guesde 31000 Toulouse

---

Directeur de thèse : Vincent SOLER