**UNIVERSITÉ de CAEN NORMANDIE**

**-------**

**UFR SANTÉ**

Année 2018/2019

# THÈSE POUR L'OBTENTION

# DU GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement le jeudi 18 avril 2019

par

Mme Hélène BAILLEUL

Née le 14 Octobre 1990 à Granville (*50*)

## TITRE DE LA THÈSE :

**CHIRURGIE DE LA CATARACTE PEDIATRIQUE AVEC IMPLANTATION « BAG-IN-THE-LENS » : ETUDE RETROSPECTIVE PORTANT SUR 76 YEUX AVEC UN RECUL MAXIMAL DE 10 ANS**

**Président : Monsieur le Professeur Jean-Claude QUINTYN**
Membres : Madame le Professeur Marie-José TASSIGNON
Monsieur le Docteur Matthieu ROBERT
Monsieur le Docteur Martin HITIER
Madame le Docteur Anne-Laure LUX
Monsieur le Docteur Christian BILLOTTE

***Directeur de thèse :*** ***Monsieur le Docteur Christian BILLOTTE***

UNIVERSITÉ DE CAEN · NORMANDIE

**UFR SANTÉ - FACULTE DE MEDECINE**

# Année Universitaire 2018/2019

**Doyen**
Professeur Emmanuel TOUZÉ

**Assesseurs**
Professeur Paul MILLIEZ (pédagogie)
Professeur Guy LAUNOY (recherche)
Professeur Sonia DOLLFUS & Professeur Evelyne EMERY (3ème cycle)

**Directrice administrative**
Madame Sarah CHEMTOB

## PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **AGOSTINI Denis** | Biophysique et médecine nucléaire |
| **M.** | **AIDE Nicolas** | Biophysique et médecine nucléaire |
| **M.** | **ALLOUCHE Stéphane** | Biochimie et biologie moléculaire |
| **M.** | **ALVES Arnaud** | Chirurgie digestive |
| **M.** | **AOUBA Achille** | Médecine interne |
| **M.** | **BABIN Emmanuel** | Oto-Rhino-Laryngologie |
| **M.** | **BÉNATEAU Hervé** | Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie |
| **M.** | **BENOIST Guillaume** | Gynécologie - Obstétrique |
| **M.** | **BERGER Ludovic** | Chirurgie vasculaire |
| **M.** | **BERGOT Emmanuel** | Pneumologie |
| **M.** | **BIBEAU Frédéric** | Anatomie et cytologie pathologique |
| **Mme** | **BRAZO Perrine** | Psychiatrie d'adultes |
| **M.** | **BROUARD Jacques** | Pédiatrie |
| **M.** | **BUSTANY Pierre** | Pharmacologie |
| **Mme** | **CHAPON Françoise** | Histologie, Embryologie |
| **Mme** | **CLIN-GODARD Bénédicte** | Médecine et santé au travail |
| **M.** | **COQUEREL Antoine** | Pharmacologie |
| **M.** | **DAO Manh Thông** | Hépatologie-Gastro-Entérologie |
| **M.** | **DAMAJ Ghandi Laurent** | Hématologie |
| **M.** | **DEFER Gilles** | Neurologie |
| **M.** | **DELAMILLIEURE Pascal** | Psychiatrie d'adultes |
| **M.** | **DENISE Pierre** | Physiologie |
| **M.** | **DERLON Jean-Michel** **Éméritat jusqu'au 31/08/2020** | Neurochirurgie |
| **Mme** | **DOLLFUS Sonia** | Psychiatrie d'adultes |
| **M.** | **DREYFUS Michel** | Gynécologie - Obstétrique |
| **M.** | **DU CHEYRON Damien** | Réanimation médicale |
| **Mme** | **ÉMERY Evelyne** | Neurochirurgie |

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **ESMAIL-BEYGUI Farzin** | Cardiologie |
| **Mme** | **FAUVET Raffaèle** | Gynécologie – Obstétrique |
| **M.** | **FISCHER Marc-Olivier** | Anesthésiologie – réanimation et médecine péri-opératoire |
| **M.** | **GÉRARD Jean-Louis** | Anesthésiologie – réanimation et médecine péri-opératoire |
| **M.** | **GUILLOIS Bernard** | Pédiatrie |
| **Mme** | **GUITTET-BAUD Lydia** | Epidémiologie, économie de la santé et prévention |
| **M.** | **HABRAND Jean-Louis** | Cancérologie option Radiothérapie |
| **M.** | **HAMON Martial** | Cardiologie |
| **Mme** | **HAMON Michèle** | Radiologie et imagerie médicale |
| **M.** | **HANOUZ Jean-Luc** | Anesthésiologie – réanimation et médecine péri-opératoire |
| **M.** | **HULET Christophe** | Chirurgie orthopédique et traumatologique |
| **M.** | **HURAULT de LIGNY Bruno** **Éméritat jusqu'au 31/01/2020** | Néphrologie |
| **M.** | **ICARD Philippe** | Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire |
| **M.** | **JOIN-LAMBERT Olivier** | Bactériologie - Virologie |
| **Mme** | **JOLY-LOBBEDEZ Florence** | Cancérologie |
| **M.** | **JOUBERT Michael** | Endocrinologie |
| **Mme** | **KOTTLER Marie-Laure** | Biochimie et biologie moléculaire |
| **M.** | **LAUNOY Guy** | Epidémiologie, économie de la santé et prévention |
| **M.** | **LE COUTOUR Xavier** | Epidémiologie, économie de la santé et prévention |
| **M.** | **LE HELLO Simon** | Bactériologie-Virologie |
| **Mme** | **LE MAUFF Brigitte** | Immunologie |
| **M.** | **LEPORRIER Michel** **Éméritat jusqu'au 31/08/2020** | Hématologie |
| **M.** | **LEROY François** | Rééducation fonctionnelle |
| **M.** | **LOBBEDEZ Thierry** | Néphrologie |
| **M.** | **MANRIQUE Alain** | Biophysique et médecine nucléaire |
| **M.** | **MARCÉLLI Christian** | Rhumatologie |
| **M.** | **MARTINAUD Olivier** | Neurologie |
| **M.** | **MAUREL Jean** | Chirurgie générale |
| **M.** | **MILLIEZ Paul** | Cardiologie |
| **M.** | **MOREAU Sylvain** | Anatomie/Oto-Rhino-Laryngologie |
| **M.** | **MOUTEL Grégoire** | Médecine légale et droit de la santé |
| **M.** | **NORMAND Hervé** | Physiologie |
| **M.** | **PARIENTI Jean-Jacques** | Biostatistiques, info. médicale et tech. de communication |
| **M.** | **PELAGE Jean-Pierre** | Radiologie et imagerie médicale |
| **Mme** | **PIQUET Marie-Astrid** | Nutrition |
| **M.** | **QUINTYN Jean-Claude** | Ophtalmologie |
| **M.** | **RAVASSE Philippe** | Chirurgie infantile |
| **M.** | **REZNIK Yves** | Endocrinologie |
| **M.** | **ROD Julien** | Chirurgie infantile |
| **M.** | **ROUPIE Eric** | Médecine d'urgence |
| **Mme** | **THARIAT Juliette** | Radiothérapie |

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **TILLOU Xavier** | Urologie |
| **M.** | **TOUZÉ Emmanuel** | Neurologie |
| **M.** | **TROUSSARD Xavier** | Hématologie |
| **Mme** | **VABRET Astrid** | Bactériologie - Virologie |
| **M**. | **VERDON Renaud** | Maladies infectieuses |
| **Mme** | **VERNEUIL Laurence** | Dermatologie |
| **M.** | **VIADER Fausto** | Neurologie |
| **M.** | **VIVIEN Denis** | Biologie cellulaire |

## PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

## PROFESSEUR ASSOCIÉ DES UNIVERSITÉS A TEMPS PLEIN

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **VABRET François** | Addictologie |

## PROFESSEURS ASSOCIÉS DES UNIVERSITÉS A MI-TEMPS

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **de la SAYETTE Vincent** | Neurologie |
| **Mme** | **DOMPMARTIN-BLANCHÈRE Anne** | Dermatologie |
| **Mme** | **LESCURE Pascale** | Gériatrie et biologie du vieillissement |
| **M.** | **SABATIER Rémi** | Cardiologie |

## PRCE

| | | |
|---|---|---|
| **Mme** | **LELEU Solveig** | Anglais |

UNIVERSITÉ DE CAEN · NORMANDIE

**UFR SANTÉ - FACULTE DE MEDECINE**

# Année Universitaire 2018 / 2019

**Doyen**
Professeur Emmanuel TOUZÉ

**Assesseurs**
Professeur Paul MILLIEZ (pédagogie)
Professeur Guy LAUNOY (recherche)
Professeur Sonia DOLLFUS & Professeur Evelyne EMERY (3ème cycle)

**Directrice administrative**
Madame Sarah CHEMTOB

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **ALEXANDRE Joachim** | Pharmacologie clinique |
| **Mme** | **BENHAÏM Annie** | Biologie cellulaire |
| **M.** | **BESNARD Stéphane** | Physiologie |
| **Mme** | **BONHOMME Julie** | Parasitologie et mycologie |
| **M.** | **BOUVIER Nicolas** | Néphrologie |
| **M.** | **COULBAULT Laurent** | Biochimie et Biologie moléculaire |
| **M.** | **CREVEUIL Christian** | Biostatistiques, info. médicale et tech. de communication |
| **M.** | **DE BOYSSON Hubert** | Médecine interne |
| **Mme** | **DEBRUYNE Danièle** **Éméritat jusqu'au 31/08/2019** | Pharmacologie fondamentale |
| **Mme** | **DERLON-BOREL Annie** **Éméritat jusqu'au 31/08/2020** | Hématologie |
| **Mme** | **DINA Julia** | Bactériologie - Virologie |
| **Mme** | **DUPONT Claire** | Pédiatrie |
| **M.** | **ÉTARD Olivier** | Physiologie |
| **M.** | **GABEREL Thomas** | Neurochirurgie |
| **M.** | **GRUCHY Nicolas** | Génétique |
| **M.** | **GUÉNOLÉ Fabian** | Pédopsychiatrie |
| **M.** | **HITIER Martin** | Anatomie - ORL Chirurgie Cervico-faciale |
| **M.** | **ISNARD Christophe** | Bactériologie Virologie |
| **M.** | **LEGALLOIS Damien** | Cardiologie |
| **Mme** | **LELONG-BOULOUARD Véronique** | Pharmacologie fondamentale |
| **Mme** | **LEPORRIER Nathalie** **Éméritat jusqu'au 31/10/2020** | Génétique |
| **Mme** | **LEVALLET Guénaëlle** | Cytologie et Histologie |
| **M.** | **LUBRANO Jean** | Chirurgie générale |
| **M.** | **MITTRE Hervé** | Biologie cellulaire |
| **M.** | **REPESSÉ Yohann** | Hématologie |
| **M.** | **SESBOÜÉ Bruno** | Physiologie |
| **M.** | **TOUTIRAIS Olivier** | Immunologie |

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **VEYSSIERE Alexis** | Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie |

## MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIÉS DES UNIVERSITÉS A MI-TEMPS

| | | |
|---|---|---|
| **Mme** | **ABBATE-LERAY Pascale** | Médecine générale |
| **M.** | **COUETTE Pierre-André** (fin 31/08/19) | Médecine générale |
| **M.** | **LE BAS François** (fin 31/08/19) | Médecine générale |
| **M.** | **SAINMONT Nicolas** (fin 31/08/19) | Médecine générale |
| **Mme** | **NOEL DE JAEGHER Sophie** (fin 31/08/2021) | Médecine générale |

Remerciements

**A mon Président de Jury, Monsieur le Professeur QUINTYN,**

Vous me faites l'honneur de présider ce jury et de juger mon travail. Merci pour le temps que vous consacrez aux étudiants pour nous apporter une formation de qualité et transmettre votre passion pour l'ophtalmologie. Votre arrivée a permis de redonner un nouvel élan au service d'ophtalmologie du CHU de CAEN. Recevez ma profonde et respectueuse reconnaissance.

**A mon Directeur de thèse, Monsieur le Docteur BILLOTTE,**

J'ai été très touchée que vous me proposiez ce sujet de thèse suite à nos multiples moments partagés en binôme. Vous avez accepté de me soutenir et de m'accompagner tout au long de ce travail. J'ai eu la chance de faire mes premiers pas au bloc opératoire à vos côtés et d'apprendre étape par étape la chirurgie de la cataracte. Les moments d'échange avec vous ont toujours été enrichissants, agrémentés d'un air de musique et d'une note d'Histoire. Vous m'avez appris également la patience, l'éthique et l'humilité. Encore un grand merci pour tout votre enseignement, votre gentillesse et vos conseils pour ce travail, qui, je sais, vous tenait à cœur.

**A Madame le Professeur TASSIGNON,**

Vous me faîtes l'immense honneur d'apporter votre expérience à la critique de ce travail en venant spécialement de Belgique pour siéger à ma soutenance de thèse. Je vous prie de bien vouloir accepter ma respectueuse considération et mes remerciements.

**A Monsieur le Docteur ROBERT,**

Vous me faites l'immense joie de venir de Paris pour siéger dans ce jury et juger mon travail. Accueillir un ancien interne caennais, aujourd'hui praticien de renom à l'Hôpital des Enfants Malades de Necker est un grand honneur pour moi. Recevez mes remerciements et ma profonde gratitude.

**A Monsieur le Docteur HITIER,**

Je te remercie sincèrement de ta présence dans le jury en tant qu'otorhinolaryngologiste. J'ai eu la chance de passer six mois dans ton service, semestre pendant lequel j'ai pu apprécier ta disponibilité, ta pédagogie et ta curiosité vis-à-vis de l'ophtalmologie.

**A Madame le Docteur LUX,**

Très chère Anne-Laure, un grand merci pour toutes ces années passées à tes côtés. En effet, j'ai commencé mon internat alors que tu terminais le tien, et c'est sous ton aile bienveillante que tu m'as accueillie. Merci pour ton enseignement en ophtalmologie pédiatrique, ton écoute sans faille, ta gentillesse, ton énergie communicative, ton sourire et surtout ton soutien régulier dans ce travail de thèse.

**A tous les ophtalmologues du service du CHU de Caen,**

Docteur Letessier, Docteur Abadie, Docteur Miocque, Docteur Laville

Dr Denion, Dr Degoumois et Dr Coffin

Un grand merci à vous de m'avoir consacré du temps et d'avoir partagé avec moi votre vécu et vos compétences dans vos sous spécialités respectives. Ce fut un réel plaisir d'apprendre l'ophtalmologie à vos côtés.

**Au Docteur Céline Hansen**, ophtalmologue pédiatre. Merci pour votre disponibilité et votre aide précieuse pour ce travail, notamment dans le recueil des données

**A tous mes cointernes, anciens comme nouveaux :** Thomas, Jéronimo, Myriam, Marie-Grâce, Frédérique, Clément, Eva, Pauline, Marie, Mohammed, Thibaud, Pierre-Alban, Benoit, Aymen, Anaïs, Jérémie, Ophélie, Mohammadou, Steven et Arthur.

**Aux infirmières du service** : Céline, Véronique, Marie-Cécile et Giovanna : merci pour votre professionnalisme, votre soutien et votre bonne humeur. Et surtout, merci d'avoir toujours pris grand soin de ma lentille d'examen !

**Au personnel du bloc opératoire** du CHU (Bloc 14) et de la Clinique de la Miséricorde : merci pour votre aide précieuse.

**Aux orthoptistes**, Maryse, Martine, Cindy et Patricia et tous les étudiants orthoptistes du service : merci pour votre sourire quotidien et votre aide en consultation.

**A Evelyne et Pauline**, aides-soignantes du service qui nous permettent de travailler dans de bonnes conditions.

**Aux secrétaires du CHU** : Linda, Audrey, Sophie, Carole, Angélique, Dany, Anne-Sophie et Sandra : merci pour votre accompagnement et tous les bons moments partagés.

**A Gwendoline**, secrétaire à la Miséricorde, un grand merci pour ton aide concernant le recueil de données.

**Aux ophtalmologues de la Polyclinique de la Baie à Avranches** :

Dr Clément, Dr Legris, Dr Moulichon, Dr Miguel, Dr Seghir, Dr Charlot, Dr Haddad, les orthoptistes, les secrétaires, le personnel du bloc opératoire et M. Jeanne.

Merci de m'avoir accueillie six mois à vos côtés. Ce semestre a été très enrichissant pour ma formation dans une atmosphère de bienveillance et de confiance. Merci pour votre accompagnement, votre soutien et votre enseignement clinique et chirurgical de pointe.

**A tous les membres du service ORL du 14-40 :** merci de m'avoir fait découvrir votre belle spécialité dans la bonne humeur. J'ai beaucoup appris pendant ces six mois à vos côtés. Mention spéciale d'« HB Biyoul le Flutiau » pour mes cointernes : MD2L, la

Gazelle, le roi du Liban et LMQPQPCUT. Ils se reconnaitront ! Je vous informe que je suis dorénavant l'heureuse présidente de l'association « gdesmickeys ».

**A Madame GOURIO, pharmacienne hospitalière** : merci de nous faire confiance et de mettre à disposition les implants Bag-In-the-Lens au CHU de Caen.

**A Monsieur le Docteur Morello** : un grand merci pour votre aide dans les analyses statistiques, réalisées ensemble en un temps record !

**A Anne-Laure**, ma sœur de cœur et « copine de pâtés de sable ». Merci pour ton soutien, ton écoute et ton amitié sans faille.

**A Cassandre**, mon amie Sourdine. Merci pour ton soutien, ta disponibilité et tes précieux conseils. Encore toutes mes félicitations, à Matthieu et à toi, pour l'arrivée de 'Truc'.

**A Solenne**, merci pour ton soutien pendant la P1 et ton amitié qui traverse le temps et les océans. Merci de m'avoir fait découvrir Mayotte. Toutes mes félicitations, à Florian et toi, pour votre future vie à 3.

**A Justine**, la plus bretonne des Caennaises. Merci pour ton soutien, ton sourire et tes sorties parisiennes.

**A Anthony** : merci pour ton aide lors de la modélisation de l'implant et les impressions 3D.

Merci à **la famille Mojito Los Bouletos** de m'avoir si bien accueillie :

Guillaume, Aliénor, Mathilde, Antoine, Xavier, Sabrina, Pierre, Manon, Laura, Guillaume LR.

Avec vous, je passe des vacances inoubliables et de vrais moments de partage. Je suis très heureuse d'avoir fait votre connaissance depuis ces deux dernières années et j'ai hâte de pouvoir vous voir plus souvent.

**A tous mes amis musiciens** : merci pour votre soutien et tous les beaux concerts partagés.

**A la toute la famille Jubault**, merci pour tous les bons moments passés à vos côtés, pour votre soutien infaillible, votre disponibilité, et votre joie de vivre. Plus que des amis, je vous considère comme ma famille.

**A la famille Braux :** Denis, Cécile, Juliette et Baptiste**.** Merci pour votre accueil et votre bienveillance. J'ai pu découvrir Montrésor et le vélo grâce à vous.

**A mes grands-parents** : Lucien, Colette et Lucette. Merci pour votre soutien et votre bienveillance. Je suis heureuse de vous rendre fiers au travers de mon parcours médical.

**A mes parents, Isabelle et Eric** : ces quelques mots ne sont pas assez forts pour vous remercier de tout l'amour que vous m'avez donné depuis ma naissance. Les années de médecine n'ont pas été des plus faciles mais vous avez toujours été présents pour me soutenir.

Maman, merci pour toutes les heures d'écoute en tant que répétitrice, pour tes délicieuses barquettes, pour les multiples relectures de cette thèse avec ton 'radar à fautes', pour ta patience et toutes les petites attentions que toi seule connait pour me donner le sourire.

Papa, merci pour toutes les tartines d'encouragement pendant mes révisions, les heures passées à l'entretien de ma voiture et surtout la fierté que je peux lire dans ton regard.

Et enfin, **à mon amoureux, Grégoire**. Merci d'être entré dans ma vie et de m'avoir permis de garder confiance. Merci pour tous les moments de bonheur passés à tes côtés à l'unisson, sans fausses notes. Tu as montré une patience à toute épreuve en me chouchoutant tout particulièrement ces dernières semaines et tu m'as beaucoup épaulée pour la relecture de ma thèse. oɹɹəɔıW əɯıɐ,ɬ əſ.

**Abréviations**

AV : Acuité visuelle

BIL : Bag-In-the-Lens

CHU : Centre Hospitalier et Universitaire

D : Dioptries

DMI : Département d'Information Médicale

EP : Erreur Prédictive

EPA : Erreur Prédictive Absolue

ES : Equivalent Sphérique

IATS : Infant Aphakia Treatment Study

IC95% : Intervalle de Confiance à 95%

LogMAR : Logarithm of the Minimum Angle of Resolution

mm : millimètres

Nd:YAG : Neodymium-doped : Yttrium Aluminium Garnet laser

OCT : Optical Coherence Tomography

OR : Odds Ratio

PIO : Pression Intra-Oculaire

PMMA : PolyMéthylMétAcrylate

PVF : Persistance de la Vascularisation Fœtale

SD : Standard Deviation ou écart type

SRK : Sanders Retzlaff et Kraff

T : Théorique

II : 2ème génération

## Sommaire


*I. Introduction ..... 1*
*II. Notions fondamentales ..... 3*
**A. Le cristallin ..... 3**
1. Anatomie descriptive ..... 3
2. Puissance réfractive du cristallin et accommodation ..... 5
3. Embryologie du cristallin ..... 5
4. Embryologie du vitré et de l'artère hyaloïde ..... 8
**B. Présentation et types des cataractes pédiatriques ..... 10**
1. Examen clinique du cristallin ..... 10
2. Types de cataractes ..... 11
**C. Étiologies ..... 13**
**D. Bilan clinique et paraclinique à réaliser ..... 14**
**E. Chirurgie de la cataracte pédiatrique ..... 16**
1. Historique ..... 16
2. Correction de l'aphaquie ..... 18
3. Quand opérer ..... 20
4. Déroulement d'une chirurgie de la cataracte pédiatrique ..... 21
**F. Inflammation postopératoire chez l'enfant ..... 25**
**G. La cataracte secondaire ..... 25**
1. Physiopathologie ..... 25
2. Cataracte secondaire chez l'enfant ..... 26
3. Prévention de la cataracte secondaire ..... 26
**H. Implantation « Bag-In-the-Lens » ..... 27**
1. Géométrie de l'implant ..... 27
2. L'implant BIL ..... 29
3. Technique chirurgicale ..... 30
4. Traitement post opératoire ..... 34
5. Correction optique et rééducation de l'amblyopie ..... 35
*III. ETUDE ..... 36*
**A. Objectif de l'étude ..... 36**
**B. Patients et méthode ..... 36**
1. Patients ..... 36
2. Méthode ..... 36
3. Critères d'évaluation ..... 40
4. Analyse statistique ..... 40
**C. Résultats ..... 41**
1. Caractéristiques de la population ..... 41
2. Données préopératoires ..... 42
3. Données peropératoires ..... 43
4. Taux de réintervention ..... 44
5. Données postopératoires ..... 46
6. Analyse de sous-groupe ..... 49
7. Prédictibilité du calcul de la puissance d'implant ..... 53
*IV. Discussion ..... 59*
*V. Conclusion ..... 68*
*VI. Bibliographie ..... 69*
*VII. Annexe : article en anglais ..... 77*

## Tableaux et figures


FIGURE 1 : COUPE SAGITTALE DE L'ŒIL, ADAPTEE DE E. WALRAVENS ..... 3
FIGURE 2 : SCHEMA DE L'ŒIL AVEC COUPE HISTOLOGIQUE, ADAPTE D'APPLE ..... 3
FIGURE 3 : SCHEMA DE L'ESPACE DE BERGER ADAPTE DU DR CALATAYUD, ANNOTE EN FRANÇAIS, HTTPS://MARTACALATAYUD.WORDPRESS.COM/ ..... 4
FIGURE 4 : CROISSANCE CONTINUE DU CRISTALLIN A PARTIR DES CELLULES EPITHELIALES EQUATORIALES, SCHEMA DE D. APPLE, TRADUIT EN FRANÇAIS ..... 4
FIGURE 5 : GASTRULATION (A GAUCHE) ET NEURULATION (A DROITE) D'APRES P. DE LAAGE DE MEUX, OPHTALMOLOGIE PEDIATRIQUE, CHAPITRE 1 ..... 6
FIGURE 6 : VESICULES OPTIQUES, D'APRES P. DE LAAGE DE MEUX, OPHTALMOLOGIE PEDIATRIQUE, CHAPITRE 1 ..... 6
FIGURE 7 : CUPULE OPTIQUE, D'APRES P. DE LAAGE DE MEUX, OPHTALMOLOGIE PEDIATRIQUE, CHAPITRE 1 ..... 6
FIGURE 8 : FORMATION DE LA VESICULE CRISTALLINIENNE, D'APRES P. DE LAAGE DE MEUX, OPHTALMOLOGIE PEDIATRIQUE, CHAPITRE 1 ..... 7
FIGURE 9 : FIBRES CRISTALLINIENNES SECONDAIRES, SCHEMA ADAPTÉ DE G. SCHOENWOLF ..... 8
FIGURE 10 : SCHEMAS DU DEVELOPPEMENT DU VITRE ET DE LA REGRESSION DU SYSTEME HYALOÏDIEN, D'APRES LE LIVRE D'ANATOMIE, D'ALAIN PECHEREAU, CHAPITRE EMBRYOLOGIE, PAGE 17 ..... 9
FIGURE 11 : EXAMEN D'UN NOURRISSON DE 3 MOIS PAR LA METHODE DU FLYING BABY, PHOTO ISSUE DU RAPPORT DE LA SOCIETE FRANÇAISE D'OPHTALMOLOGIE SUR LES URGENCES PEDIATRIQUES, 2017 ..... 10
FIGURE 12 : CATARACTE POLAIRE ANTERIEURE, REMERCIEMENT PR MILAZZO, PHOTO ISSUE DU RAPPORT DE LA SOCIETE FRANÇAISE D'OPHTALMOLOGIE SUR LES URGENCES PEDIATRIQUES, 2017 ..... 11
FIGURE 13 : CATARACTE SUTURALE REMERCIEMENT PR MILAZZO, PHOTO ISSUE DU RAPPORT DE LA SOCIETE FRANÇAISE D'OPHTALMOLOGIE SUR LES URGENCES PEDIATRIQUES, 2017 ..... 11
FIGURE 14 : CATARACTE CENTRALE, REMERCIEMENT PR MILAZZO, PHOTO ISSUE DU RAPPORT DE LA SOCIETE FRANÇAISE D'OPHTALMOLOGIE SUR LES URGENCES PEDIATRIQUES, 2017 ..... 12
FIGURE 15 : CATARACTE ZONULAIRE ..... 12
FIGURE 16 : CATARACTE CORALLIFORME, PHOTO LIVRE D'OPHTALMOLOGIE PEDIATRIQUE DE P. DE LAAGE DE MEUX ..... 12
FIGURE 17 : LENTICONE POSTERIEUR ..... 12
FIGURE 18 : CANAL DE CLOQUET, PHOTO DU DR BILLOTTE ..... 13
FIGURE 19 : PERSISTANCE DU VITRE PRIMITIF AVEC ARTERE HYALOÏDIENNE BIEN VISIBLE EN ECHOGRAPHIE MODE B, ET CONFIRMEE SUR L'ECHO-DOPPLER, PHOTO ISSUE DU LIVRE D'OPHTALMOLOGIE PEDIATRIQUE DE TAYLOR ..... 14
FIGURE 20 : MESURE DE LA PRESSION OCULAIRE PAR I-CARE PRO MODELE TA03, ADAPTE DU MANUEL D'UTILISATION ..... 15
FIGURE 21 : TECHNIQUE D'ASPIRATION DES CATARACTES MOLLES A L'AIGUILLE PAR SHEIE, 1960 ..... 17
FIGURE 22 : VITRECTOMIE PAR VOIE ANTERIEURE, INFUSION MONTEE SUR UN CYSTITOME, TAYLOR, 1970 ..... 18
FIGURE 23 : LUNETTES CORRIGEANT L'APHAQUIE : METHODE SURE, PUISSANCE DES VERRES POUVANT ETRE MODIFIEE AU COURS DE LA CROISSANCE, MAIS INESTHETIQUE ..... 18
FIGURE 24 : PORT DE LENTILLE DE CONTACT CORRIGEANT L'APHAQUIE ..... 18
FIGURE 25 : ANNEAU DE SOEMMERING ..... 24
FIGURE 26 : RAPPORTS DE L'IMPLANT BIL DANS LE SEGMENT ANTERIEUR, SCHEMA DU DR DENION ..... 27
FIGURE 27 : IMPLANTATION DANS LE SAC STANDARD EN HAUT, VERSUS IMPLANTATION BIL EN BAS, SCHEMA DU PR TASSIGNON ..... 28
FIGURE 28 : CLICHE BIOMICROSCOPIQUE D'UN IMPLANT BIL CHEZ UN ENFANT 6 ANS APRES SON OPERATION ILLUSTRANT LA PRESENCE DE METAPLASIE DES CELLULES EPITHELIALES (PERLES D'ELSCHNIG) LOCALISEES DANS L'ESPACE INTER-CAPSULAIRE, PHOTO DU DR BILLOTTE ..... 28
FIGURE 29 : IMPLANT BIL MODELE 89A VU DE FACE (A GAUCHE) ET DE PROFIL (A DROITE) SCHEMA DU PR TASSIGNON ..... 30
FIGURE 30 : ANNEAU DE CALIBRAGE EN CHAMBRE ANTERIEURE DE 4,5 MM CHEZ L'ENFANT, PHOTO DU DR BILLOTTE ..... 31
FIGURE 31 : INJECTION DE L'IMPLANT BIL (A GAUCHE) PAR UNE INJECTION DE 2,4 MM, IMPLANT BIL JANTE EN FIN D'INTERVENTION, PHOTO DR BILLOTTE ..... 33
FIGURE 32 : SCHEMA DESCRIPTIF DES ETAPES DE L'IMPLANTATION BAG-IN-THE-LENS, SCHEMAS DES DR PESCATORI ET DR RYSANEK 34
FIGURE 33 : PORT D'UN CACHE POUR REEDUCATION DE L'AMBLYOPIE ..... 35
FIGURE 34 : ASPECT AVANT ET APRES DILATATION D'UN IMPLANT BIL : AUCUNE SYNECHIE, AUCUNE OPACIFICATION CAPSULAIRE SECONDAIRE LORS DU SUIVI A 2 ANS ..... 49
FIGURE 35 : CAPTURE IRIENNE, PHOTO DR BILLOTTE ..... 65

TABLEAU 1 : CARACTERISTIQUES DE LA POPULATION ..... 42
TABLEAU 2 : GESTES PEROPERATOIRES ASSOCIES ..... 44
TABLEAU 3 : REGRESSION LOGISTIQUE UNIVARIEE (EN HAUT) ET MULTIVARIEE (EN BAS) PERMETTANT DE DETERMINER OR (ODDS RATION), IC95% (INTERVALLE DE CONFIANCE A 95%) ET LE DEGRE DE SIGNIFICATION (P) DES FACTEURS PROTECTEURS ..... 55

GRAPHIQUE 1 : DIAGRAMME DES REINTERVENTIONS ..... 44
GRAPHIQUE 2 : NOMBRE DE REINTERVENTIONS ET NOMBRE DE CATARACTES OPEREES EN FONCTION DU TEMPS ..... 45
GRAPHIQUE 3 : REPARTITION DES EQUIVALENTS SPHERIQUES : 68,4% ONT UN ES COMPRIS ENTRE -2 ET +2 ..... 46
GRAPHIQUE 4 : POURCENTAGE D'ENFANTS AYANT AV□0,5 DANS LES GROUPES CATARACTES BILATERALES ET UNILATERALES ..... 47
GRAPHIQUE 5 : DIFFERENCE ENTRE AV PRE ET POSTOPERATOIRE DE LOIN ..... 48
GRAPHIQUE 6 : PIO POSTOPERATOIRE : UN SEUL CAS D'HYPERTONIE > 21 MMHG ..... 48
GRAPHIQUE 7 : AV PRE ET POSTOPERATOIRES DANS LE GROUPE BILATERAL ..... 50
GRAPHIQUE 8 : AV PRE ET POSTOPERATOIRES DANS LE GROUPE UNILATERAL ..... 50
GRAPHIQUE 9 : AV CHEZ LES ENFANTS DE MOINS DE 1 AN VERSUS LE RESTE DE LA SERIE ..... 51
GRAPHIQUE 10 : PIO POSTOPERATOIRE CHEZ LES ENFANTS OPERES AVANT 1 AN ..... 51
GRAPHIQUE 11 : AV PRE ET POSTOPERATOIRES CHEZ LES ENFANTS AYANT UN SUIVI > 5 ANS ET LE RESTE DE LA SERIE ..... 53
GRAPHIQUE 12 : PIO POSTOPERATOIRE CHEZ LES ENFANTS DONT LE SUIVI EST > 5 ANS ..... 53
GRAPHIQUE 13 : EPA≤0,5 EN FONCTION DES FORMULES DE CALCUL D'IMPLANT ..... 54
GRAPHIQUE 14 : EPA ≤0,5 CHEZ LES ENFANTS DE MOINS DE 2 ANS ..... 56
GRAPHIQUE 15 : EPA≤0,5 CHEZ LES ENFANTS AVEC KMOY>45 ..... 57
GRAPHIQUE 16 : ÉQUIVALENT SPHERIQUE EN FONCTION DE LA PRESENCE DE FACTEURS NEGATIFS OU NON ..... 58

# I. Introduction

La cataracte, ou opacification du cristallin, est bien connue chez l'adulte, mais peut également se rencontrer chez l'enfant. Elle constitue la première cause de leucocorie ou aspect blanc du reflet pupillaire[1]. Elle est la deuxième cause de malvoyance réversible de l'enfant dans le monde[2]. A l'échelle mondiale, 190 000 cas de cataracte pédiatrique sont recensés parmi un total de 1 400 000 enfants malvoyants, soit 14% des cas. L'incidence est évaluée entre 1 et 3 cas pour 10 000 naissances dans le monde[3].

La prise en charge de la cataracte pédiatrique comporte des enjeux spécifiques. En effet, la cataracte surgit en plein développement visuel de l'enfant. La chirurgie de la cataracte a pour but le maintien d'un axe visuel clair au long cours permettant une prise en charge ophtalmo-pédiatrique globale avec rééducation de l'amblyopie[4].

La chirurgie de la cataracte pédiatrique soulève différents problèmes : à quel âge opérer ? A quel stade de l'opacification opérer ? Selon quelle technique chirurgicale ? Implanter ou laisser l'œil aphaque ? Quel type d'implant choisir ? L'œil de l'enfant étant plus petit, la chirurgie peut être complexe, surtout si elle s'inscrit dans un syndrome malformatif avec microphtalmie, persistance du vitré primitif ou ectopie. Cette chirurgie nécessite une anesthésie générale. En postopératoire, l'œil de l'enfant est plus réactif que celui de l'adulte avec une inflammation oculaire marquée. Ainsi, on note 100% de cataracte secondaire si aucune mesure spécifique n'est réalisée pour l'éviter[5]. Si celle-ci survient, l'enfant doit rapidement être réopéré sous anesthésie générale pour que soit réalisée une vitrectomie. Alors, la rééducation de l'amblyopie doit reprendre activement.

Pour optimiser la réhabilitation visuelle de l'enfant, il faut essayer de limiter les réinterventions, ce qui permet de faciliter l'adhésion de l'enfant et des parents au traitement par occlusion de l'amblyopie.

La technique chirurgicale la plus répandue et la plus admise pour limiter la survenue de la cataracte secondaire consiste en une phacoaspiration avec capsulotomie postérieure et vitrectomie antérieure[6]. Les résultats des différentes études[7–9] avec cette technique retrouvent une diminution du taux de cataracte secondaire mais ne permettent pas d'éviter complètement son développement, à la différence de la technique d'implantation « Bag-In-the-Lens » (BIL). Cet implant a été

créé par le Professeur Marie-José Tassignon et a d'abord été validé dans la chirurgie de la cataracte des adultes[10] puis des enfants[11],[12].

La technique BIL est un nouveau concept d'implantation de par son mode de fixation du cristallin artificiel. L'implant est janté sur une couronne capsulaire périphérique, d'où la formulation anglo-saxonne « Bag-In-the-Lens », implant dans le sac. Cela est possible grâce à deux éléments clés : la réalisation de deux capsulorhexis continus, antérieur et postérieur, calibrés et centrés, qui une fois accolés crée la couronne périphérique de soutien pour l'implant et un cristallin artificiel de géométrie adaptée.

Cette technique présente de nombreux intérêts dans la prise en charge de la cataracte pédiatrique : absence de cataracte secondaire en cas de bon positionnement de l'implant, inflammation postopératoire moins importante, diminution du nombre de glaucome secondaire. Ses résultats ont été confirmés par d'autres équipes notamment Suédoise[12] ou encore plus récemment en France à Tours (thèse du Docteur NIEUWJAER). Le Centre Universitaire de Caen a été le premier centre français à utiliser l'implant BIL, dès les années 2009.

Ainsi, le but de notre étude était de déterminer le taux de réintervention après chirurgie de la cataracte pédiatrique avec implantation « Bag-In-the-Lens » entre 2009 et 2019. Ce travail s'inscrit dans la continuité de l'évaluation de l'implantation « Bag-In-the-Lens » décrite chez l'adulte dans les thèses des docteurs Seghir, Barcatali et Auchère. Les critères d'évaluation secondaires étaient les résultats réfractifs, la prédictibilité des calculs d'implant chez l'enfant, la prévalence de la cataracte secondaire, les autres complications possibles au long cours ou autre incident rapporté lié à l'intervention : capture de l'iris, hypertonie oculaire, luxation du cristallin artificiel, décompensation endothéliale, fibrose du sac capsulaire, œdème maculaire, décollement de rétine, ou endophtalmie.

# II. Notions fondamentales

## A. Le cristallin

### 1. Anatomie descriptive

Le cristallin appartient au segment antérieur du globe oculaire dont il constitue la limite postérieure entre l'iris en avant et le vitré en arrière (Figure 1)[13].

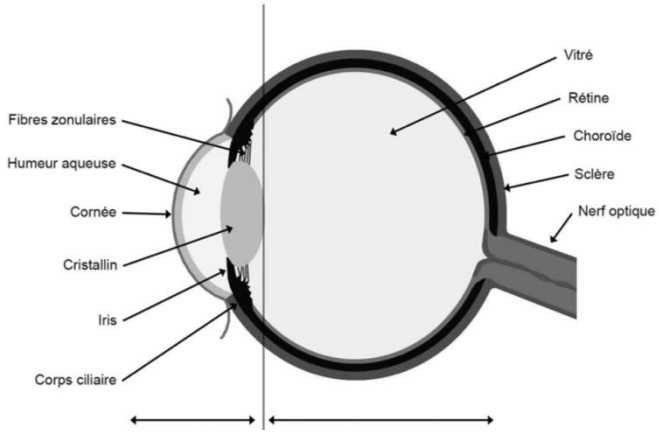



*Figure 1 : coupe sagittale de l'œil, adaptée de E. Walravens*

Le cristallin est une lentille biconvexe, transparente, aplatie en avant, dont les faces antérieure et postérieure sont reliées par une zone appelée l'équateur.

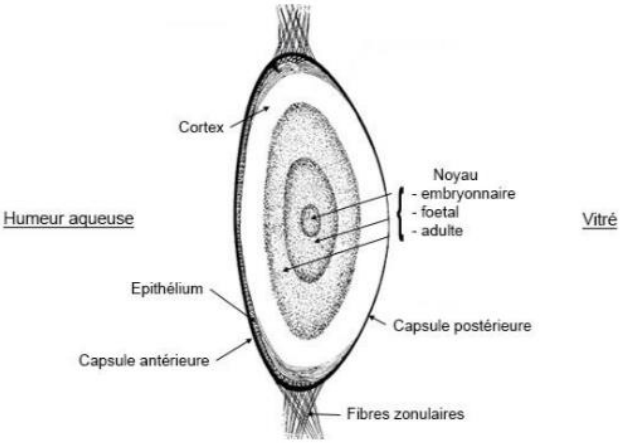



*Figure 2 : schéma de l'œil avec coupe histologique, adapté d'Apple*

Le cristallin est constitué de trois couches comprenant de la périphérie jusqu'au centre : la capsule, l'épithélium unistratifié et les fibres cristalliniennes.

En périphérie, l'ensemble de ces trois structures est soutenu par le corps ciliaire (Figure 2).

Les fibres zonulaires amarrées tout autour du cristallin transmettent l'état de contraction ou de relâchement du muscle ciliaire créant une modification du rayon de courbure antéro-postérieur du cristallin, responsable du mécanisme d'accommodation.

Lors de la chirurgie, la capsule est souvent nommée « capsule antérieure » et « capsule postérieure » mais il s'agit d'une seule et même structure appelée aussi sac capsulaire.

La capsule postérieure du cristallin est accolée à la hyaloïde antérieure, membrane enveloppant le vitré en avant. Il existe entre ces deux membranes un espace virtuel nommé espace de Berger (ou ligament de Wieger ou ligament hyaloïdocapsulaire de Berger-Wieger) qui aura une importance toute particulière dans la technique chirurgicale d'implantation « Bag-In-the-Lens » (Figure 3). Ce dernier présente une adhérence forte chez l'enfant qui va se relâcher progressivement avec l'âge, facilitant l'élargissement de l'espace entre la capsule postérieure et la hyaloïde antérieure.

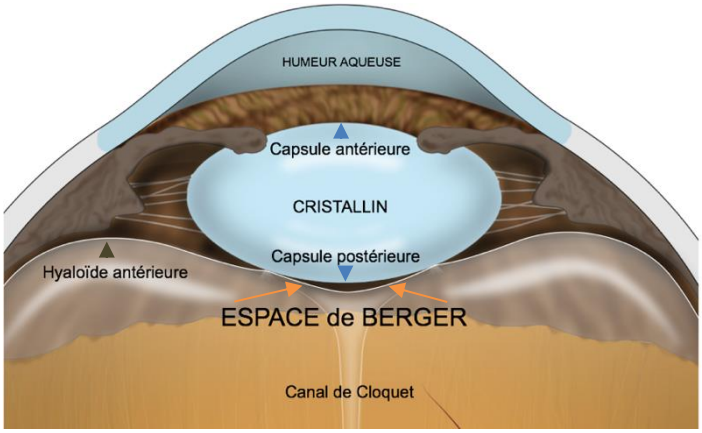
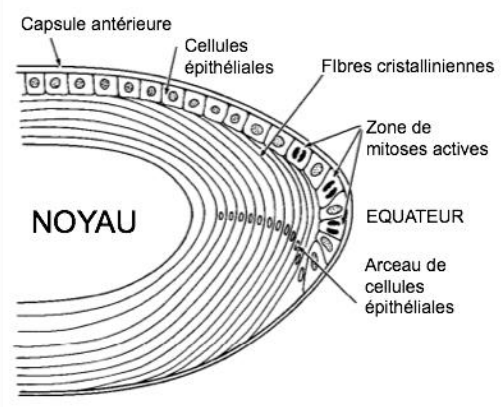



*Figure 3 : schéma de l'espace de Berger adapté du Dr Calatayud, annoté en français, https://martacalatayud.wordpress.com/*

Les fibres cristalliniennes sont réparties de façon concentrique, des plus anciennes au centre vers les plus jeunes en périphérie formant : le noyau embryonnaire, le noyau fœtal, le noyau de l'adolescence, puis le noyau adulte. Leur formation se fait de manière continue à partir des cellules épithéliales équatoriales du sac capsulaire[14] (Figure 4).




Ainsi le cristallin présente une croissance continue. L'augmentation d'épaisseur du cristallin est évaluée à 0,25 µm par an. Le poids du cristallin à la naissance est de 65 mg avec une épaisseur de 4 mm et un diamètre équatorial de 6,5 mm. A l'âge adulte, le cristallin peut peser jusqu'à 260 mg, avoir une épaisseur de 5 mm et un diamètre de 10 mm.

*Figure 4 : Croissance continue du cristallin à partir des cellules épithéliales équatoriales, schéma de D. Apple, traduit en français*

Le cristallin est avasculaire et non innervé. La capsule se comporte comme une barrière entre le cristallin et l'humeur aqueuse en avant, ou le vitré en arrière. Elle reste perméable à l'eau, aux protéines et aux molécules de bas poids moléculaire (cytokines, interleukines) permettant les échanges par diffusion.

## 2. Puissance réfractive du cristallin et accommodation

La puissance réfractive du cristallin est d'environ 21 dioptries en moyenne au repos et peut augmenter physiologiquement de façon importante jusqu'à 30 dioptries chez le jeune enfant[13]. L'œil a la capacité d'accommoder, c'est-à-dire modifier sa puissance réfractive pour maintenir une vision nette des objets en vision de près, grâce à la déformabilité et l'élasticité du cristallin, mais également sur la capacité de relâchement ou de contraction du muscle ciliaire (présent au niveau du corps ciliaire). Après chirurgie de la cataracte, et quel que soit l'âge, cette capacité d'accommodation est perdue. Malgré un essai chez l'animal (double optique d'un implant à ressort chez le lapin des Japonnais Hara et Yamada), la majorité des cristallins artificiels ne possèdent pas cette capacité à se déformer.

## 3. Embryologie du cristallin

Jusqu'à la troisième semaine de vie embryonnaire, la gastrulation conduit à l'élaboration de trois feuillets primitifs : l'ectoblaste, le mésoblaste et l'entoblaste. (Figure 5)[15].

La première ébauche de l'œil apparaît tôt, dès le 22ème jour de gestation. L'embryon planiforme tridermique ne mesure que 2 mm de longueur. Deux plis parallèles et symétriques par rapport à la ligne médiane forment les bords de la gouttière neurale. Il se produit alors la neurulation avec formation du tube neural.

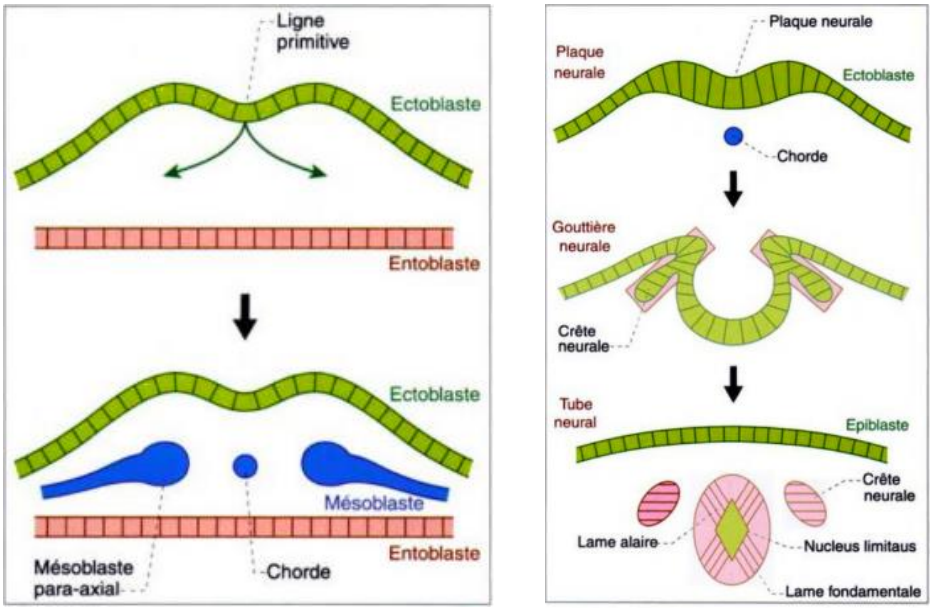
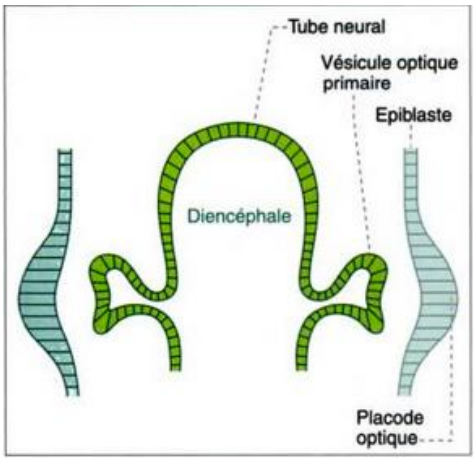



*Figure 5 : gastrulation (à gauche) et neurulation (à droite) d'après P. De Laage de Meux, ophtalmologie pédiatrique, chapitre 1*




Deux évaginations antérieures donnent naissance aux deux vésicules optiques, à l'union du diencéphale et du télencéphale[16] (Figures 6).

*Figure 6 : vésicules optiques, d'après P. De Laage de Meux, ophtalmologie pédiatrique, chapitre 1*

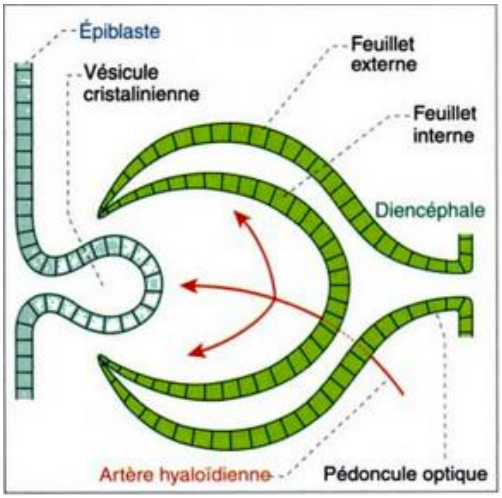



*Figure 7 : cupule optique, d'après P. De Laage de Meux, ophtalmologie pédiatrique, chapitre 1*

Au 30ème jour, la vésicule optique devient la cupule optique (Figure 7) et va venir au contact de l'ectoderme de surface et induire un épaississement appelé **placode cristallinienne**. Cette dernière va s'invaginer pour former la **vésicule cristallinienne** au 35ème jour (Figure 8). En avant, le reste de l'ectoderme qui s'est détaché de la vésicule sera à l'origine de l'épithélium antérieur de la cornée. L'appareil dioptrique de l'œil, cristallin et cornée, vont dériver de l'ectoderme.

A ce stade, la vésicule cristallinienne fait environ 0,2 mm de diamètre pour 40 µm d'épaisseur. Les cellules de la face antérieure restent cubiques et forment **l'épithélium cristallinien antérieur**. Les cellules de la partie postérieure de la vésicule cristallinienne vont alors s'allonger dans le sens antéropostérieur et prendre le nom de **fibres cristalliniennes primaires**.

Ces fibres primaires vont réduire peu à peu la lumière de la cavité de la vésicule cristallinienne et forment un arc à convexité antérieure. A la fin de la sixième semaine, la vésicule cristallinienne est totalement comblée par les fibres primaires : c'est le **noyau embryonnaire**. Le noyau embryonnaire ainsi formé va avoir un diamètre antéropostérieur d'environ 350 µm et un diamètre frontal d'environ 300 µm.

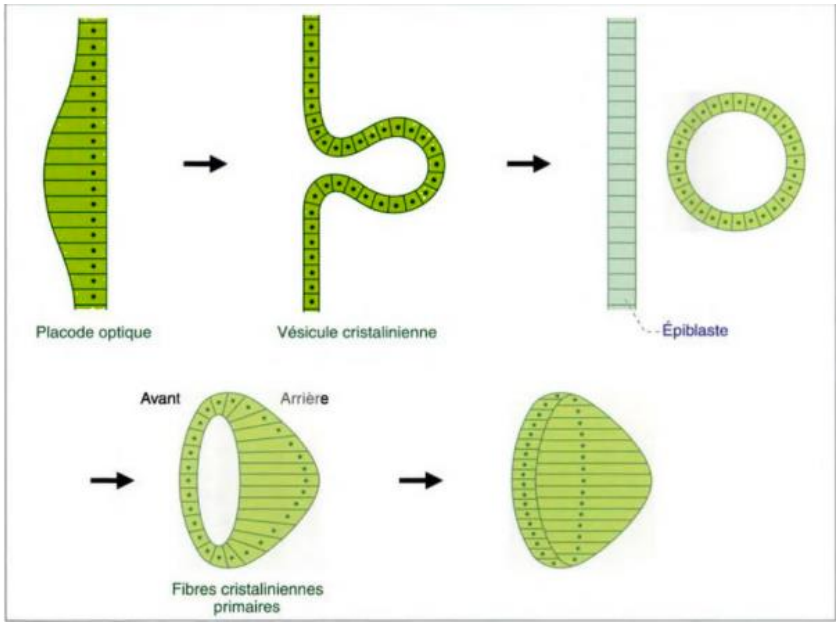



*Figure 8 : formation de la vésicule cristallinienne, d'après P. De Laage de Meux, ophtalmologie pédiatrique, chapitre 1*

Le cristallin se différencie ensuite avec la formation des **fibres cristalliniennes secondaires** (Figure 9), de la capsule et de la zone ciliaire à partir de la 8ème semaine jusqu'au 3ème mois de développement. A la naissance, le cristallin est constitué du noyau embryonnaire, entouré du noyau fœtal et de la capsule[13].

Le cristallin a un rôle inducteur sur le développement cornéen et plus largement sur l'ensemble des différentes structures du segment antérieur de l'œil[17]. Ainsi, toute anomalie de développement du cristallin peut s'associer à d'autres malformations oculaires.

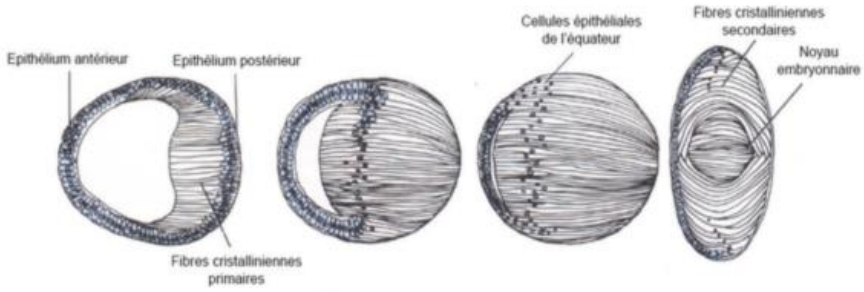



*Figure 9 : fibres cristalliniennes secondaires, schéma adapté de G. Schoenwolf*

## 4. Embryologie du vitré et de l'artère hyaloïde

Le vitré primitif est constitué de cellules mésenchymateuses qui pénètrent dans la cupule optique par la fente embryonnaire. L'artère hyaloïde, branche de l'artère ophtalmique dorsale, apparait à la quatrième semaine et pénètre dans la cupule optique pour se diriger vers la face postérieure du cristallin.

A la sixième semaine, apparait le vitré secondaire où les hyalocytes fœtaux secrètent de l'acide hyaluronique enfouissant en son centre le vitré primitif atrophique. La fente embryonnaire se ferme emprisonnant l'artère hyaloïde dans le futur nerf optique.

Au quatrième mois apparait le vitré tertiaire : ensemble de fibrilles qui deviendront la zonule, reliant le cristallin au corps ciliaire.

Au cinquième mois, l'artère hyaloïde devient l'artère centrale de la rétine. Les branches périphériques se thrombosent et le système hyaloïdien s'efface lentement. Sa portion à l'intérieur du vitré primitif s'atrophie et devient le canal de Cloquet qui relie la papille et la face postérieure du cristallin.

Le vitré définitif, constitué essentiellement de vitré secondaire, est avasculaire (Figure 10).

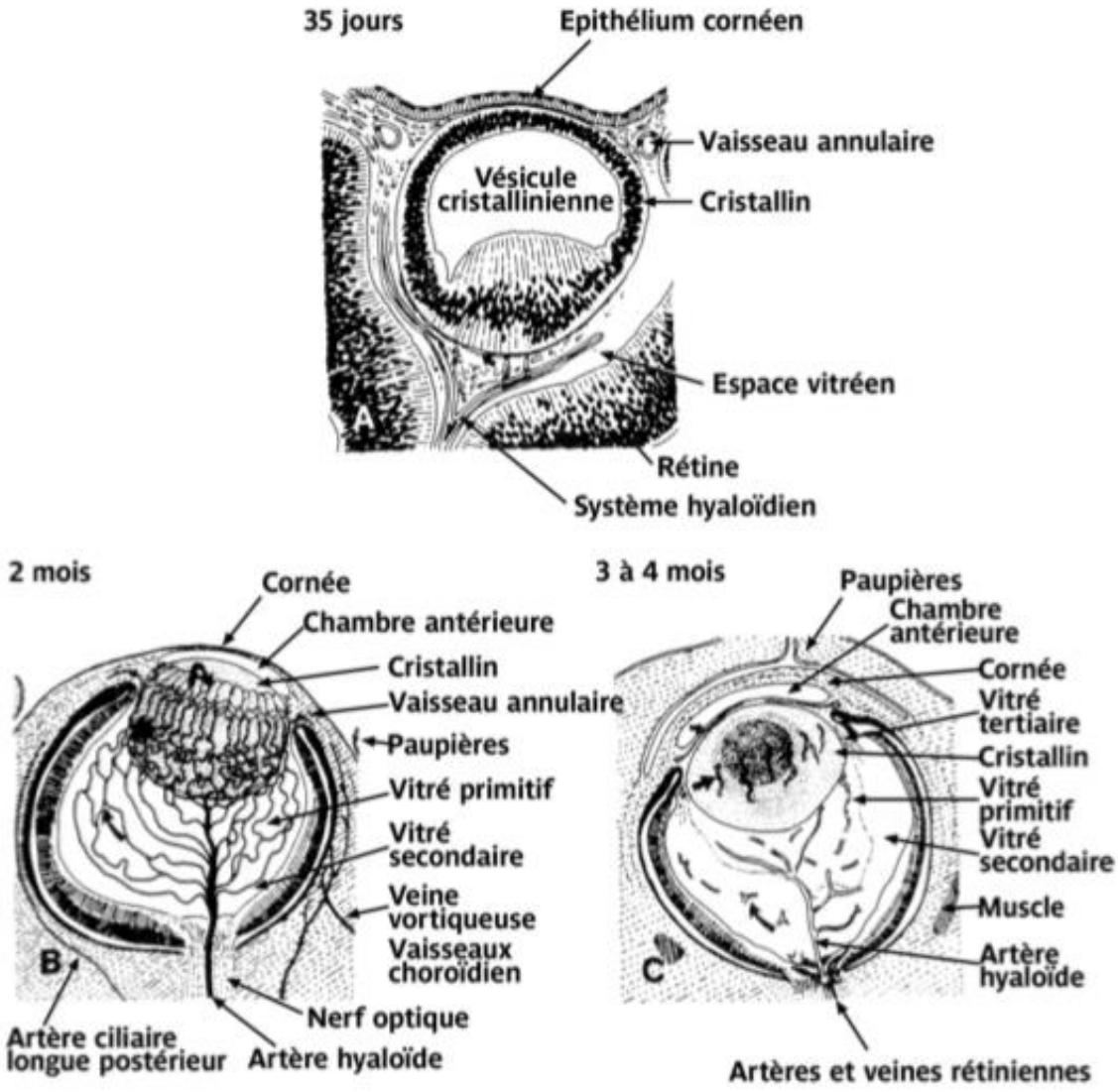



*Figure 10 : schémas du développement du vitré et de la régression du système hyaloïdien, d'après le livre d'anatomie, d'Alain Péchereau, Chapitre Embryologie, Page 17*

## B. Présentation et types des cataractes pédiatriques

### 1. Examen clinique du cristallin

Le cristallin est accessible à l'examen biomicroscopique à travers la pupille. Il sera d'autant mieux observé que la pupille sera dilatée.



*Figure 11 : examen d'un nourrisson de 3 mois par la méthode du Flying Baby, photo issue du rapport de la Société Française d'Ophtalmologie sur les urgences pédiatriques, 2017*

Le déroulement de l'examen biomicroscopique de l'enfant se déroule en fonction de son âge. Pour les nourrissons (âgés de moins de 6 mois), l'examen est facilité par la lampe à fente portable, l'enfant étant placé en décubitus dorsal, emmailloté dans un drap ou maintenu avec une aide. En absence de matériel portatif à disposition, la lampe à fente normale peut être utilisée grâce à la technique de l'avion appelée également « flying baby » (Figure 11) L'enfant est porté par une aide, la tête en hyperextension et en décubitus ventral, permettant de poser le front et le menton. La difficulté est d'obtenir une ouverture palpébrale suffisante motivant l'aide d'un blépharostat après instillation de collyre anesthésiant (Oxybuprocaïne®).

Pour les enfants d'âge préverbal (entre 6 mois et 2,5 ans), l'examen en lampe à fente standard est possible en adaptant sa hauteur. Pour se faire, nous pouvons utiliser un rehausseur en mousse, ou permettre à l'enfant de se mettre debout ou à genoux sur le siège d'examen.

Les techniques d'examen des enfants de plus de 2 ans ne diffèrent plus de celles des adultes. L'examen doit être un moment sans stress pour l'enfant. Il faut rassurer l'enfant et ses parents, ne pas hésiter à recourir au jeu ou à utiliser des métaphores pour faire comprendre le sens de l'examen à l'enfant : « pose ton petit front contre la couronne de princesse », « mets ton casque de moto », « regarde bien le soleil ».

## 2. Types de cataractes

Par définition, la cataracte est dite **congénitale** si elle est présente dès la naissance, **infantile** en cas d'atteinte avant la deuxième année de vie, et enfin **juvénile** si elle survient avant l'âge de 10 ans[18].

Il existe de nombreuses présentations cliniques de cataracte pédiatrique, classées en fonction du siège des opacités au sein du cristallin.

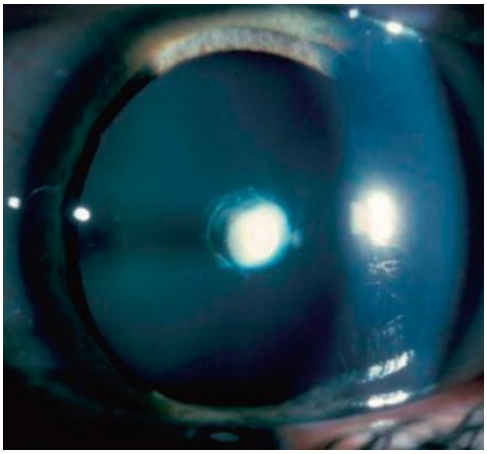


*Figure 12 : cataracte polaire antérieure, remerciement Pr Milazzo, photo issue du rapport de la Société Française d'Ophtalmologie sur les urgences pédiatriques, 2017*

Nous parlons alors des **cataractes antérieures** qui comprennent :

- La cataracte polaire antérieure (Figure 12) : point blanc superficiel dans l'aire pupillaire correspondant à un défaut de migration de la vésicule cristallinienne.
- La cataracte pyramidale antérieure : opacité antérieure qui pointe en chambre antérieure
- La cataracte sous capsulaire antérieure : acquise post traumatique ou inflammatoire, elle se retrouve également dans le syndrome d'Alport.

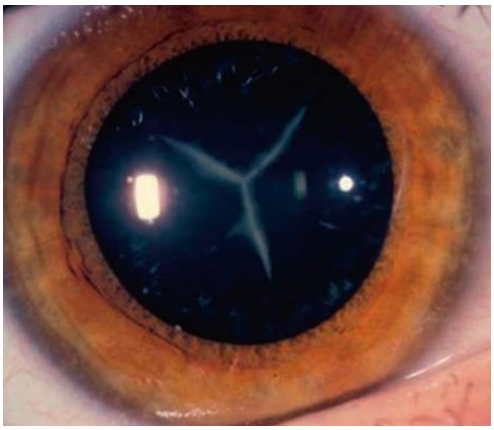


*Figure 13 : cataracte suturale remerciement Pr Milazzo, photo issue du rapport de la Société Française d'Ophtalmologie sur les urgences pédiatriques, 2017*

Les **cataractes centrales ou nucléaires** correspondent à une opacification des noyaux embryonnaire et fœtal. Se forme alors une opacité centrale arrondie entourée par une couche périphérique transparente. Elles peuvent prendre différentes formes :

- Suturales : en rayon de roue ou cavaliers (Figure 13)

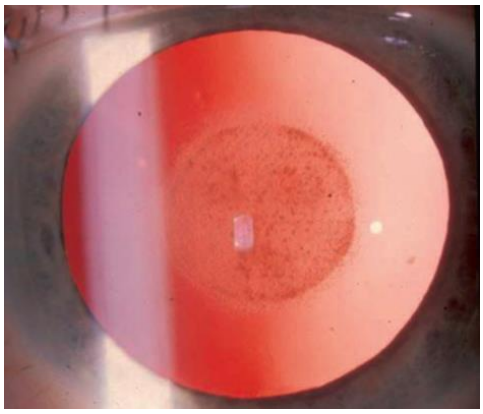


*Figure 14 : cataracte centrale, remerciement Pr Milazzo, photo issue du rapport de la Société Française d'Ophtalmologie sur les urgences pédiatriques, 2017*

- Céruléennes : faites d'opacités multiples arrondies
- Poussiéreuses centrales : opacités multiples ponctiformes (Figure 14)
- Zonulaires : arceau opaque en fer à cheval autour du noyau (Figure 15)
- Stellaires ou coralliformes (Figure 16)

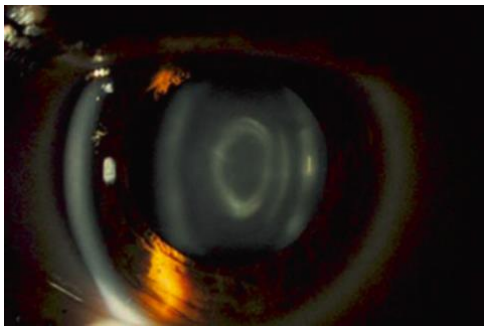


*Figure 15 : cataracte zonulaire*

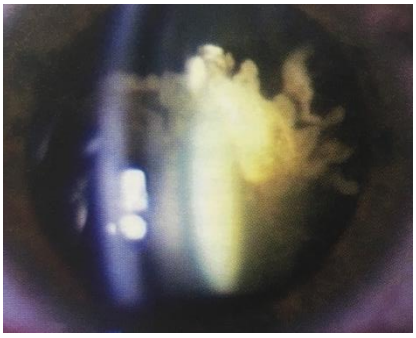


*Figure 16 : cataracte coralliforme, photo livre d'Ophtalmologie Pédiatrique de P. de Laage de Meux*

Enfin, il existe des **cataractes postérieures** :

- La cataracte polaire postérieure, le plus souvent unilatérale, isolée
- Le lenticône postérieur (Figure 17). Il correspond à une protrusion conique vers l'arrière du cristallin donnant au fond d'œil un aspect en goutte d'huile. Cette protrusion induit une myopisation et un fort risque d'amblyopie.
- La cataracte sous capsulaire postérieure : acquise post traumatique, post irradiation ou post corticothérapie.

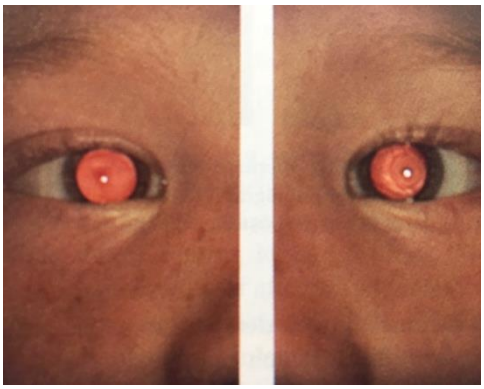


*Figure 17 : lenticône postérieur*

A un stade ultime, la cataracte peut être **totale**. Tout le cristallin devient blanc et une leucocorie est retrouvée à l'examen clinique. Elle peut être présente dès la naissance ou n'apparaître progressivement qu'au cours de premiers mois de vie.

Il est très important d'éliminer les diagnostics différentiels comme le rétinoblastome, la maladie de Coats, ou un décollement de rétine complet.

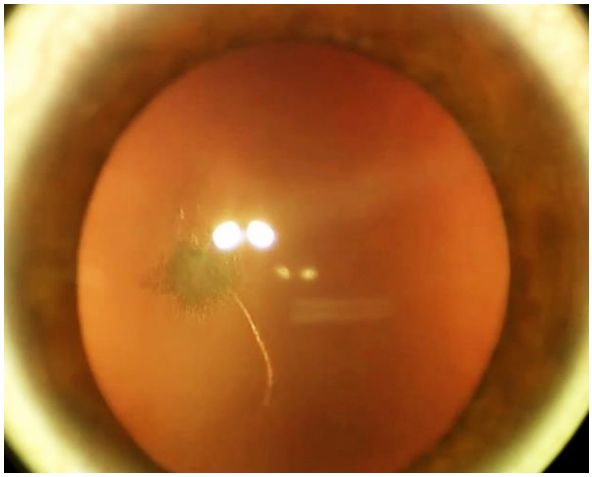


*Figure 18 : Canal de Cloquet, photo du Dr Billotte*

Les cataractes peuvent être associées à des malformations et liées à un mauvais développement de l'œil, par exemple, en cas de persistance de la vascularisation fœtale (PVF). La PVF peut être **antérieure** avec protrusion des corps ciliaires et hypertonie ou **postérieure** avec canal de Cloquet (Figure 18) persistant et plaque postérieure opaque. La microphtalmie est constante. L'atteinte unilatérale est la plus fréquente mais les formes bilatérales malformatives existent (persistance de l'artère hyaloïdienne, persistance de la membrane pupillaire, persistance de la tunique vasculaire postérieure du cristallin).

Il est important de déterminer si elles sont **amblyogènes** ou non. Les cataractes capsulaires et polaires antérieures sont habituellement peu amblyogènes, contrairement aux cataractes nucléaires.

## C. Étiologies

Devant la découverte d'une cataracte pédiatrique, seule la négativité du bilan général et familial permettra de retenir le diagnostic idiopathique.

Les cataractes unilatérales sont souvent sporadiques, malformatives c'est-à-dire liées à un mauvais développement oculaire (dysgénésie du segment antérieur, microphtalmie ou persistance du vitré primitif) ou idiopathique. Chez l'enfant plus grand, elles peuvent être dues à des traumatismes ou iatrogène (corticothérapie, radiothérapie). Inversement, les cataractes bilatérales peuvent être héréditaires (autosomique dominante), métaboliques (galactosémie), secondaires à une infection maternofœtale (rubéole), syndromiques ou idiopathiques.

## D. Bilan clinique et paraclinique à réaliser

La consultation d'un enfant adressé pour cataracte doit donc être systématisée.

L'interrogatoire recherche les antécédents familiaux généraux et oculaires, précise le déroulement de la grossesse, les sérologies maternelles, la survenue d'une infection, le terme (prématurité) et le poids de naissance, les circonstances de l'accouchement. Comme il existe des formes génétiques, les membres de la famille du patient sont examinés, et un arbre généalogique peut être réalisé pour déterminer l'éventuel mode de transmission.



Les signes de malvoyance sont systématiquement dépistés comme le signe de l'éventail (l'enfant passant ses doigts écartés devant son champ visuel) ou un signe digito-oculaire de Franceschetti (l'enfant se créant des sensations visuelles en appuyant fortement sur ses globes oculaires). La présence d'un strabisme ou d'un nystagmus est précisée. La recherche d'un déficit pupillaire afférent relatif est à noter pour dépister une atteinte du nerf optique ou de la rétine associée.

*Figure 19 : persistance du vitré primitif avec artère hyaloïdienne bien visible en échographie mode B, et confirmée sur l'écho-doppler, photo issue du Livre d'Ophtalmologie Pédiatrique de Taylor*

La réfraction sous cycloplégie mesure d'éventuels troubles réfractifs associés (myopie d'indice, astigmatisme régulier ou irrégulier sur lenticône). La kératométrie est aussi relevée pour le calcul préopératoire de la puissance de l'implant.

L'examen morphologique des structures du segment antérieur constate plus particulièrement un aspect pupillaire blanc, ou leucocorie qui signe toujours une atteinte oculaire grave et doit systématiquement faire éliminer un rétinoblastome. Il contrôle l'intégrité cornéenne, l'absence de synéchie irienne témoin d'une uvéite fœtale, l'absence de persistance de la membrane pupillaire, du système hyaloïdien ou du vitré primitif (Figure 19).

L’examen clinique ophtalmologique élimine également les signes de glaucome (larmoiement, photophobie et blépharospasme) associés aux cataractes dans le cadre de syndromes oculaires ou systémiques. Le diamètre horizontal cornéen de blanc à blanc et la tension oculaire sont mesurés. Celle-ci est grandement facilitée depuis l’arrivée de l’appareil I-Care® (Figure 20) permettant une mesure indolore de la pression intraoculaire et ceci sans mettre d’anesthésiant de contact.



*Figure 20 : mesure de la pression oculaire par I-care Pro modèle TA03, adapté du manuel d’utilisation*

L’examen du cristallin après dilatation pupillaire précise le type de cataracte, partielle ou totale, recherche une anomalie de forme, type lenticône ou encore faux colobome et enfin une anomalie de taille. L’examen du fond d’œil recherche une anomalie rétinienne ou papillaire. L’échographie B est indispensable si la cataracte est totalement obturante et le fond d’œil inaccessible.

Les échographies oculaires A et B du segment antérieur apportent, par la mesure de la longueur axiale, une information morphologique sur la croissance normale du globe et sur le calcul préopératoire de la puissance de l’implant.

Dans certains cas, le très jeune âge des enfants peut rendre l’examen difficile et sera réalisé dans le même temps que la chirurgie.

L’examen général obligatoire de l’enfant est confié au pédiatre. Sur le plan biologique, dans un contexte d’infection maternofoetale, il faut vérifier les sérologies de la mère et de l’enfant : toxoplasmose, oreillons, rubéole, syphilis, cytomégalovirus, herpès (connu sous l’acronyme TORSCH), mais aussi la varicelle et le virus d’Epstein-

Barr. En cas de suspicion de maladie métabolique, le bilan va doser la galactosémie, la phosphorémie, la calcémie, la glycémie, l'aminoacidurie et la ferritinémie. Une exploration de la fonction rénale peut être demandée si le contexte est évocateur d'un syndrome de Lowe ou d'Alport.

Le bilan sanguin permet la réalisation d'un caryotype en haute résolution quand la cataracte s'accompagne de malformations extra oculaires (trisomie 21, trisomie 13, etc.) ou quand elle est compliquée d'une aniridie non familiale (délétion 11p.1.3). L'enfant et ses parents sont alors adressés en consultation génétique. En revanche, l'identification de mutation spécifique n'est actuellement indiquée que dans le cadre d'un protocole de recherche. Le dépistage prénatal n'est pas proposé aux familles.

## E. Chirurgie de la cataracte pédiatrique

### 1. Historique

La chirurgie de la cataracte pédiatrique n'a eu de cesse d'évoluer bénéficiant des derniers progrès de la microchirurgie du segment antérieur d'abord destinés à l'adulte.

La technique de l'abaissement, pratiquée depuis l'Antiquité et jusqu'au 18ème siècle chez l'adulte, n'a pas eu beaucoup d'attrait chez l'enfant car la consistance de la cataracte est trop molle.

Trois autres méthodes ont alors été abordées ayant des objectifs distincts :

- Avoir recours à la **dilatation pupillaire ou à l'iridectomie** pour permettre aux rayons lumineux de passer en dehors de l'opacité
- Réaliser une **discision** pour provoquer la résorption du cristallin. Cela consiste à ouvrir la capsule antérieure à l'aide d'une aiguille et faire des mouvements de vrille pour faire sortir le cristallin en chambre antérieure qui va être résorbé par l'humeur aqueuse. Il était noté des cas d'hypertonie par blocage pupillaire avec nausées et vomissements. Certains utilisaient deux aiguilles ; une pour stabiliser le cristallin, l'autre déchirant le cristallin en chambre antérieure. Cette opération était à renouveler très souvent car la cataracte réapparaissait.

- Extraire le cristallin du globe oculaire soit par la méthode **d'aspiration** décrite par M. Laugier en 1847 où l'aiguille est insérée dans le cristallin et son contenu est aspiré, soit par extraction linéaire qui consiste à faire une plaie de cornée, subluxer le cristallin mou et le faire sortir par la plaie (intracapsulaire).

La confection de lentille intraoculaire remplaçant le cristallin date de novembre 1949 suite à l'invention de Sir Harold Ridley, ophtalmologue anglais. Il observe une bonne tolérance des fragments de cockpit en plexiglas (PMMA) dans les yeux des pilotes de chasse après plaies pénétrantes de globe oculaire lors de la seconde guerre mondiale, même plusieurs années après le traumatisme.

Sheie, en 1960, décrit la technique d'aspiration des cataractes congénitales ou molles. Il insère une aiguille à 1,5 mm du limbe par voir sclérale pour aspirer le cristallin, tout en maintenant une chambre antérieure correcte par une infusion, permettant d'éviter les complications liées à une issue de vitré, contrairement à la technique de l'abaissement ou de l'extraction intracapsulaire[19] (Figure 21).

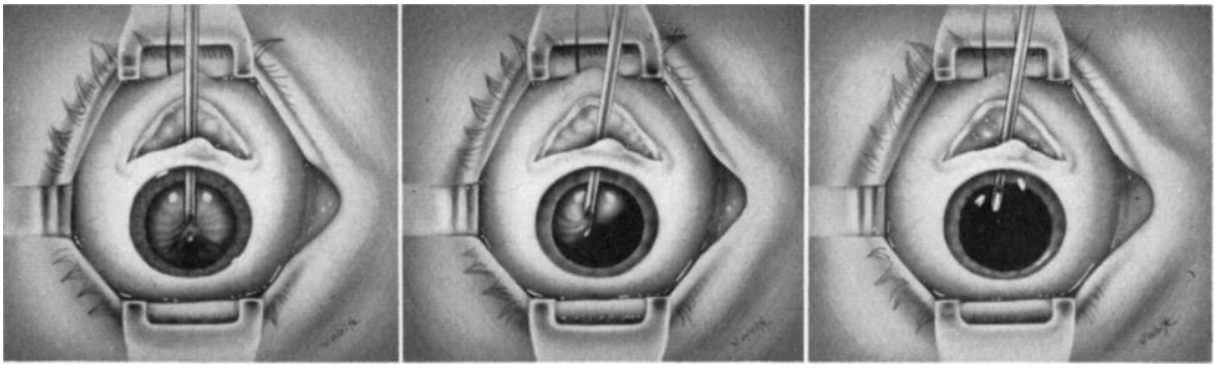


*Figure 21 : technique d'aspiration des cataractes molles à l'aiguille par Sheie, 1960*

Le problème était la formation d'une membrane opaque blanchâtre à la place de la capsule postérieure laissée intacte. Cette opacification secondaire était source d'une forte amblyopie.

Avec l'arrivée des machines de vitrectomie dans les années 1970, la technique évolue vers l'ablation du cristallin (lensectomy) avec capsulectomie postérieure et vitrectomie antérieure (Figure 22). L'abord antérieur transcornéen a d'abord été préféré puis, basé sur l'anatomie adulte, l'abord postérieur à 4 mm du limbe a été essayé. Il est apparu qu'il existait un risque de lésions de la rétine et de la base du

vitré. Suite à des études anatomiques, l'abord par la pars plicata à 1,5 - 2mm du limbe a été adopté chez l'enfant. Malgré ces précautions, des cas de cataractes secondaires sont recensés. Morgan rapporte en 1987 la survenue de 3 cas de prolifération capsulaire postérieure chez 5 des yeux opérés par vitrectomie, nécessitant une reprise chirurgicale dans les 3 à 5 mois suivant la première opération[20].

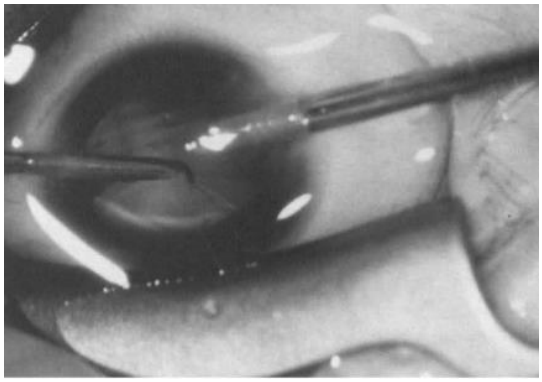


*Figure 22 : Vitrectomie par voie antérieure, infusion montée sur un cystitome, Taylor, 1970*

## 2. Correction de l'aphaquie

### *a) Lunettes et lentilles de contact*



*Figure 23 : lunettes corrigeant l'aphaquie : méthode sûre, puissance des verres pouvant*

Le gold standard de la correction de l'aphaquie était le port de lunettes ou de lentilles de contact. Les verres de lunettes étaient très disgracieux (Figure 23) mais adaptables en fonction des variations de correction optique et en fonction de la croissance de l'enfant. Pour les cataractes unilatérales, le port de lentilles de contact (Figure 24) était préféré, mais à risque de complications infectieuses et inflammatoires. En pratique, le port de la lentille est difficile chez l'enfant et souvent abandonné.

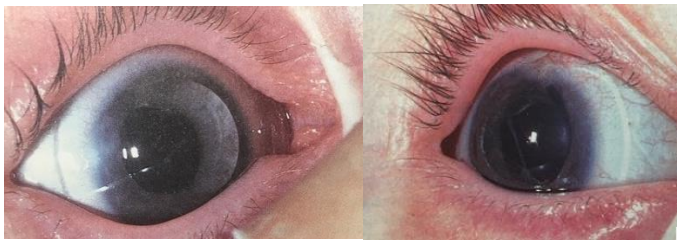


*Figure 24 : port de lentille de contact corrigeant l'aphaquie*

### b) *Implantation intraoculaire de l'enfant*

L'implantation reste controversée chez les enfants, notamment chez ceux opérés avant l'âge de 1 an. En effet, il faut tenir compte de la croissance du globe oculaire dans l'enfance.

Binkhorst est un des premiers à publier son étude sur 20 yeux implantés en 1972. Il recommande particulièrement l'implantation dans le cas de cataractes bilatérales avec une opacité partielle permettant d'obtenir de meilleurs résultats visuels[21]. L'enjeu est alors de diminuer les complications post opératoires : cataracte secondaire, glaucome[5],[22],[23].

S'est alors posée la question de la taille de l'implant, car initialement seuls des implants de taille standard 'adulte' étaient disponibles, et parfois difficiles à insérer sur les yeux d'enfants microphtalmes. Après avoir documenté que 90% de la croissance oculaire se faisait dans les deux premières années de vie, Wilson suggère d'utiliser des implants flexibles compris entre 12 et 15 mm[24].

Les travaux sur les animaux (lapin et singe) montrent que l'implantation d'un implant de taille inadaptée (trop grand) entraine une absence de croissance du globe oculaire par compression de la pars plana, zone déterminant la croissance du globe oculaire[25],[26]. Dahan montre que la croissance de l'œil pseudophaque est la même que l'œil phaque à condition que l'implant soit de taille adaptée[23]. Flitcroft ne retrouve pas non plus ces anomalies de croissance oculaire[22].

L'inflammation chronique des implants de taille inadaptée est source de synéchies antérieures et postérieures responsables d'une déformation de l'iris, d'un décentrement de l'implant et par la suite d'un glaucome secondaire. A terme, des œdèmes maculaires cystoïdes ou décollement de rétine sont décrits. La complication principale réside dans l'apparition d'une cataracte secondaire dans 100% des cas, en lien avec l'inflammation intra oculaire dans les cas où la capsule postérieure est conservée[27]. L'étude Nord-Américaine randomisée, multicentrique[28] a comparé l'utilisation de lentilles de contact à l'implantation primaire pour la correction optique de l'aphaquie suite à une chirurgie de cataracte unilatérale pendant l'enfance. Elle semble montrer une absence de bénéfice visuel et un plus fort taux de complications dans le groupe avec implantation chez le jeune enfant.

## 3. Quand opérer

Opérer une cataracte chez un enfant ne consiste pas à simplement appliquer une technique chirurgicale adaptée. L'acte chirurgical s'inscrit dans une stratégie thérapeutique globale dont l'un des points clés est la capacité à poser l'indication chirurgicale au bon moment.

Les cataractes congénitales uni ou bilatérales totales doivent être opérées rapidement car les premières semaines de vie sont cruciales pour les acquisitions visuelles. Pour Birch, le meilleur moment semble être entre la 6ème et la 8ème semaine de vie[29], permettant un bon compromis entre réhabilitation visuelle et complexité chirurgicale. Les cataractes bilatérales incomplètes avec une périphérie du cristallin clair et une petite visibilité du fond d'œil peuvent être opérées après 3 mois de vie.

En pratique, une discussion entre l'équipe d'anesthésiste à la réalisation d'une anesthésie générale et l'ophtalmologiste guide le délai de prise en charge. Bien que la mortalité liée à une anesthésie générale pédiatrique ait diminué de nos jours, elle reste non négligeable (1 cas pour 40 000 anesthésies pédiatriques). Le risque de complications graves est très augmenté chez le nourrisson de moins d'un an et en cas de prise en charge par une équipe non expérimentée en anesthésie pédiatrique[30].

Pour les cataractes partielles bilatérales il faut déterminer si elles sont obturantes ou non. Cela est plus ou moins aisé en fonction de l'âge de l'enfant. Une correction optique totale après cycloplégie est prescrite. Il faut rechercher une gêne dans les acquisitions, une limitation des possibilités scolaires, une asymétrie d'acuité visuelle entre les deux yeux. L'acuité visuelle à l'âge pré verbal peut être explorée par le bébé vision. La possibilité de passer au réfractomètre et la visibilité du fond d'œil sont de bons indicateurs du caractère obturant ou non de la cataracte.

Pour les cataractes unilatérales non obturantes, la décision est plus complexe. Il faut pouvoir faire la part des choses entre la part organique de la baisse d'acuité visuelle (perte de transparence du cristallin) et la part fonctionnelle (amblyopie). De même ici, la visibilité des détails du fond d'œil ou la possibilité de passer au réfractomètre nous donnent un avis subjectif du caractère obturant ou non. Un test thérapeutique d'occlusion de l'œil atteint est tenté avec surveillance d'une récupération

de fixation oculaire sans atteinte de l'œil sain. La réponse altérée au bi prisme peut être un argument supplémentaire pour envisager l'intervention chirurgicale.

## 4. Déroulement d'une chirurgie de la cataracte pédiatrique

La chirurgie de la cataracte pédiatrique, de par les spécificités anatomiques de l'œil de l'enfant, est un geste complexe réservé à un opérateur expérimenté.

### *a) Technique chirurgicale habituelle*

La technique la plus communément utilisée en Europe en 2019 est la phacoaspiration du cristallin par voie antérieure avec capsulotomie postérieure et vitrectomie antérieure. Les premières étapes chirurgicales se rapprochent grandement de la technique de phacoémulsification de l'adulte. Mais l'œil de l'enfant présente des spécificités anatomiques qui demandent quelques adaptations.

La cornée d'un enfant est épaisse et molle, la chambre antérieure est souvent étroite et les astigmatismes après incision fréquents. L'incision se fait plutôt par voie sclérale après avoir désinséré la conjonctive et la tenon. Les incisions cornéennes de petite taille (1,5 à 2,3 mm) peuvent être envisagées chez le jeune enfant (après 2 ans).

La capsule antérieure d'un enfant est très élastique et sous tension. Le capsulorhexis antérieur a tendance à filer rapidement. Le geste du capsulorhexis est différent, réalisé par des tractions radiaires vers le centre. Il est conseillé de régulièrement reprendre le capsulorhexis pour éviter un trait de refend. Il ne faut pas hésiter à utiliser des colorants (bleu tryptan) pour améliorer la visibilité de la capsule antérieure. Il est plus simple de l'initier avec un kystitome.

Même en l'absence de noyau, l'hydrodissection est une étape indispensable pour détacher le cortex périphérique. L'ablation du cristallin se fait par phacoaspiration. Le recours aux ultrasons n'est pas nécessaire la plupart du temps. Il faut rester prudent vis-à-vis de la capsule postérieure qui peut être le siège de défect notamment dans les cataractes polaires postérieures ou en cas de persistance du vitré primitif associé.

Une capsulotomie postérieure est réalisée habituellement avant l'implantation dans le sac capsulaire. Certains chirurgiens préfèrent d'abord implanter dans le sac puis réaliser la capsulotomie postérieure en arrière de l'implant. On y associe une

vitrectomie antérieure pour retirer la hyaloïde et le vitré antérieur et ainsi diminuer la survenue d'une cataracte secondaire[31]. En cas de persistance de la vascularisation fœtale, le pédicule est endocoagulé puis coupé.

Robert Stegman propose de capturer l'implant dans la capsulotomie postérieure pour limiter la cataracte secondaire. Vasavada et son équipe décrivent la **capture de l'optique postérieure** sans vitrectomie antérieure pour limiter l'opacification secondaire chez des enfants opérés de plus de 4 ans. Les complications postopératoires étaient comparables en terme de cataracte secondaire, glaucome et inflammation[32],[33].

L'incision est généralement suturée en fin d'intervention pour assurer l'étanchéité, la solidité et éviter l'astigmatisme. L'enfant a souvent tendance à frotter son œil et la grande élasticité de la cornée peut mettre en cause l'étanchéité. Un fil résorbable de Vicryl10.0 permet d'éviter de rendormir l'enfant pour le retirer.

On associe l'injection intracamérulaire d'antibiotique habituelle de Céfuroxime® et une injection sous conjonctivale de corticoïde retard Célestène Chronodose®.

### *b) Calcul de puissance de l'implant*

Le pic de croissance oculaire a lieu la première année et la longueur axiale évolue rapidement pour atteindre sa valeur définitive vers l'âge de 3 ans. La longueur axiale à la naissance est en moyenne de 17 mm, puis elle augmente de 3,5 mm la première année, 0,9 mm la seconde année et de 0,3 mm la troisième année[34]. La kératométrie se modifie également très rapidement chez l'enfant mais sa stabilisation semble plus précoce. Entre la deuxième et la quatrième semaine de vie, la kératométrie passe de 49 à 46 D puis se modifie très peu après 8 semaines de vie, en restant en moyenne à 44,60 D[35].

Les mesures de longueur axiale et de kératométrie sont généralement réalisées sous anesthésie générale au bloc opératoire juste avant d'opérer la cataracte. Après 3 ans, il est cependant possible de les réaliser en consultation préopératoire. Tous les chirurgiens s'accordent sur la difficulté à anticiper la croissance de l'œil dans le choix de la puissance de l'implant.

La formule pour obtenir la puissance de l'implant la plus utilisée est la formule de troisième génération SRK/T[36] mais la formule SRKII a longtemps été utilisée auparavant. A la différence de l'adulte, la croissance future du globe oculaire doit être anticipée[37]. Au CHU de Caen, nous ne visons pas d'emblée l'emmétropie[38]. Nous utilisons alors les abaques du Professeur de Laage de Meux pour sous-corriger la puissance de l'implant. En théorie, il faut retirer -40% de la puissance de l'implant si la chirurgie a lieu avant l'âge de 3 mois, 35% entre 3 et 6 mois, 30% entre 6 et 12 mois, 25% entre 12 mois et 18 mois, 20% entre 18 et 24 mois, 15 % entre 2 et 3 ans, 10% entre 3 et 4 ans, 5% entre 4 et 5 ans[39],[40]. En pratique, selon l'expérience du chirurgien, nous retirons plus ou moins de dioptries à la puissance trouvée. Pour les cataractes bilatérales chez les enfants de plus de 5 ans, l'emmétropie bilatérale est visée ou une légère myopie pour faciliter la vision de près sans accommodation. Pour les cataractes unilatérales, il faut s'adapter en fonction de l'amétropie controlatérale.

Ainsi, une hypermétropie initiale est présente en visant à terme une emmétropie. Malheureusement, certaines myopisations excessives apparaissent avec la croissance. Elles surviennent principalement chez les enfants opérés de cataracte unilatérale avant deux ans[41],[42],[43]. Le changement d'implant est particulièrement difficile suite à la fibrose post opératoire. Une adaptation en lentille de l'amétropie résiduelle peut être envisagée.

### *c) Types d'implants*

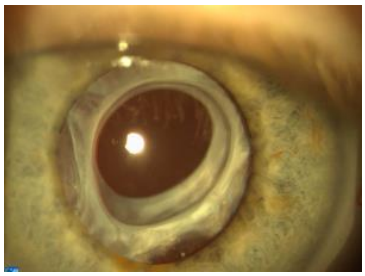
Les implants en Polymétachrylate de Méthyle (PPMA) de taille adaptée à l'enfant ont d'abord été utilisés puis les implants acryliques hydrophobes, car ils semblaient plus biocompatibles[44],[45],[46].

Les implants multifocaux sont discutés pendant la croissance du globe oculaire en raison de l'évolution réfractive, du risque de décentrement de l'implant et de la myopisation possible. Après 8 ans, ils peuvent être utilisés[47].

### *d) Les avantages de l'implantation de l'enfant*

Utiliser un implant dont la taille et les caractéristiques biomécaniques sont adaptées à l'œil de l'enfant permet une diminution de l'inflammation chronique et de la cataracte secondaire.

L’implantation permet de restaurer une barrière capsulo-lenticulaire avec la technique chirurgicale et serait protectrice vis-à-vis du glaucome chronique à angle ouvert du pseudophaque. [48]



L'implantation d'un anneau capsulaire diminuerait l'importance de l'anneau de Soemmering (Figure 25) et le taux de fermeture de l'angle et le taux de glaucome secondaire.

*Figure 25 : Anneau de Soemmering*

### *e) Les inconvénients de l’aphaquie*

La croissance du globe oculaire, est dépendante d'une bonne focalisation de l'image au niveau de la rétine sans diffraction de la lumière. Dans l'amblyopie, l'augmentation de la longueur axiale se fait par une augmentation de la longueur du segment postérieur mais la croissance du segment antérieur n'est pas modifiée.

L'aphaquie unilatérale opérée tardivement, avec des pertes fréquentes des lentilles de contact, expose le globe à une augmentation de la longueur axiale de façon anormale. Inversement l'aphaquie induite précocement, non corrigée, s'accompagne d'une diminution de la croissance du globe, du segment postérieur et du segment antérieur.

En cas d’aphaquie, la barrière naturelle entre le segment antérieur et postérieur de l’œil disparaît. Le vitré vient donc en regard de l’angle iridocornéen. Le glaucome de l’aphaque est un glaucome à angle ouvert qui peut apparaître de quelques mois jusqu'à 12 ans après l'intervention pouvant conduire à la cécité[49 50 51]. Chrousos et son équipe rapportent un taux de glaucome secondaire à 6% (22 sur 304 yeux) chez les enfants aphaques avec un suivi moyen de 6,3 ans[52]. Dans le travail de Comer, 18 yeux sur 75 (24 %) développèrent un glaucome secondaire de l’aphaque 30 mois en moyenne après la lensectomie[53].

## F. Inflammation postopératoire chez l'enfant

L'inflammation postopératoire est multifactorielle. L'utilisation de substances en chambre antérieure peut entraîner une nécrose cellulaire notamment au niveau de l'endothélium cornéen. Le tissu irien lésé par la manipulation endoculaire favorisent la cascade inflammatoire. La chirurgie rompt la barrière hémato aqueuse provoquant une libération de cytokines. Parmi celles-ci, l'interleukine 1[54] est connue pour initier cette cascade inflammatoire. L'implantation intraoculaire est source de micro inflammation. Cette inflammation enclenche la sécrétion de facteurs de croissance dans l'humeur aqueuse favorisant la prolifération des cellules épithéliales. Celles-ci se multiplient formant des perles d'Elschnig ou se transforment en myofibroblastes responsables de fibrose avec décentrement. L'inflammation participerait également à la survenue d'un glaucome secondaire par atteinte du trabéculum.

Chez l'enfant au système immunitaire efficace, cette réaction inflammatoire est majeure.

## G. La cataracte secondaire

Soemmering fut le premier à remarquer le phénomène de cataracte secondaire chez l'homme en 1828.

### 1. Physiopathologie

L'opacification capsulaire postérieure est une forme de cicatrisation du sac capsulaire en réponse à l'agression que représente la chirurgie de la cataracte. Il persiste après la chirurgie les cellules épithéliales antérieures (sur le bord du capsulorhexis antérieur) et les cellules épithéliales équatoriales. La prolifération, la migration et la métaplasie de ces cellules épithéliales persistantes sont à l'origine de la cataracte secondaire. La chirurgie entraine une rupture de la barrière hémato aqueuse responsable de phénomènes inflammatoires importants, activation du complément et libération de cytokines.

Cliniquement la cataracte secondaire peut se manifester par de la fibrose ou la formation de perles d'Elschnig. La fibrose du sac apparait précocement, et correspond à la métaplasie fibroblastique des cellules épithéliales antérieures résiduelles entrainant une contraction capsulaire antérieure pouvant aller jusqu'au décentrement de l'implant.

Les cellules épithéliales se ballonisent pour former les perles d'Elschnig et tapissent la face postérieure de l'implant ou la capsule postérieure si elle est laissée en place. Ces perles d'Elschnig sont les plus fréquentes et pourvoyeuses de baisse d'acuité visuelle. Les cellules épithéliales équatoriales conservent une activité de mitose et se différencient en fibres cristalliniennes responsables d'un anneau de Soemmering.

## 2. Cataracte secondaire chez l'enfant

La survenue d'une cataracte secondaire est la complication la plus fréquente de cette chirurgie chez l'enfant. Le délai de survenue et l'incidence sont inversement proportionnels à l'âge[55]. La cataracte secondaire de l'enfant présente trois particularités qui justifient l'importance de sa prévention :

- L'apparition d'une cataracte secondaire est rapide et quasi-constante si l'on utilise les mêmes techniques chirurgicales que l'adulte : 100% de cataracte secondaire chez l'enfant dans l'étude de Vasavada[56] et 95,8% dans l'étude de Knight[57].
- La transparence des milieux oculaires est un préliminaire incontournable à la lutte contre l'amblyopie
- Le traitement par laser Nd :YAG est difficile à réaliser ou insuffisant chez le jeune enfant

## 3. Prévention de la cataracte secondaire

La prévention de la cataracte secondaire passe par l'adaptation des techniques chirurgicales pour supprimer tout support nécessaire à la prolifération des cellules épithéliales : capsule postérieure, hyaloïde, vitré antérieur.

Chez l'enfant, la réalisation d'une capsulotomie postérieure est une étape nécessaire mais insuffisante pour prévenir la survenue d'une cataracte secondaire et s'associe à d'autres techniques :

- La vitrectomie antérieure pour Vasavada[58]
- La capture postérieure de l'optique à travers un capsulorhexis postérieur pour Gimbel[33]. Cette capture postérieure n'est pas suffisante dans la prévention de la cataracte secondaire lorsqu'une vitrectomie antérieure n'y est pas associée mais elle semblerait améliorer le centrage et la stabilité de l'implant.

Toutes ces techniques n'ont pas permis de supprimer totalement le risque de cataracte secondaire. Nous allons voir comment la technique d'implantation « Bag-In-the-Lens » permet de bloquer la migration des cellules épithéliales vers l'axe visuel et réduire à zéro le risque d'opacification de l'axe visuel en postopératoire si l'implant est bien janté entre les deux capsules.

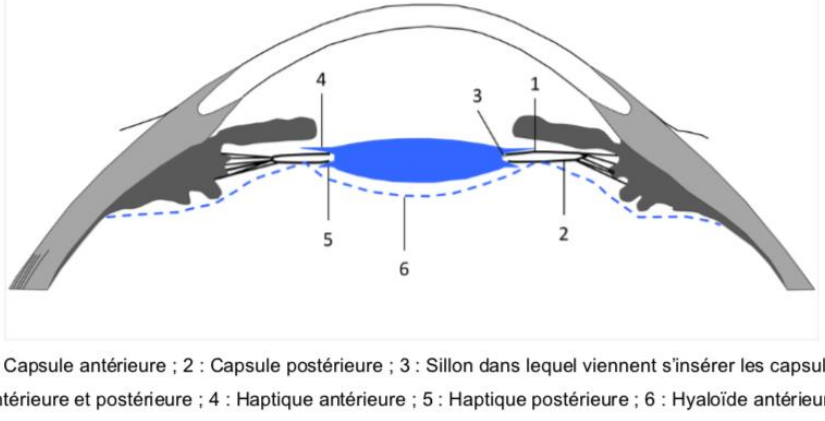
## H. Implantation « Bag-In-the-Lens »

### 1. Géométrie de l'implant

La géométrie du cristallin artificiel « bag-in-the-lens » a été imaginée par le Professeur Tassignon du Service d'Ophtalmologie du Centre Hospitalier Universitaire d'Anvers en Belgique, pour bloquer la migration et la prolifération des cellules épithéliales capsulaires et ainsi annuler le risque de cataracte secondaire.

L'objectif était de mettre au point un nouveau cristallin artificiel permettant de ne pas perdre le bénéfice obtenu par la réalisation du capsulorhexis postérieur, qui, seul ne permet pas d'éviter complètement la cataracte secondaire.

Pour cela, l'implant BIL comprend une optique ronde centrale biconvexe au sein de laquelle il existe une gouttière, à l'image d'une jante de pneu, dans laquelle les capsules antérieure et postérieure vont être insérées ou « jantées ». Afin de stabiliser le cristallin artificiel, cette optique va être recouverte sur chaque face (antérieure et postérieure) par 2 haptiques pleines ovales disposées de façon perpendiculaire entre elles. Le sac est donc contenu dans l'implant d'où son appellation anglo-saxonne « Bag-In-the-Lens » (Figure 26).




1 : Capsule antérieure ; 2 : Capsule postérieure ; 3 : Sillon dans lequel viennent s'insérer les capsules antérieure et postérieure ; 4 : Haptique antérieure ; 5 : Haptique postérieure ; 6 : Hyaloïde antérieure

*Figure 26 : rapports de l'implant BIL dans le segment antérieur, schéma du Dr Denion*

La figure 27 illustre le positionnement d'un cristallin artificiel classique de sac (en haut) et d'un cristallin artificiel « bag-in-the-lens » (en bas) par rapport au sac capsulaire.

L'objectif principal de cette technique est de séquestrer les cellules épithéliales présentes à la surface interne du sac capsulaire, dans le but d'empêcher leur métaplasie, leur prolifération et leur libération dans l'humeur aqueuse.

Il est cependant parfois observé la présence de métaplasie des cellules épithéliales équatoriales avec un aspect de perles d'Elschnig, mais restant purement localisées à l'espace inter capsulaire où sont piégées ces cellules (figure 29), ce qui illustre bien le concept de séquestration.

En haut : technique standard ; en bas : technique Bag-In-the-Lens
1 : Capsule antérieure ; 2 : Capsule postérieure ; 3 : Optique de l'implant ; 4 : Sillon dans lequel viennent s'insérer les capsules antérieure et postérieure ; 5 : Haptique antérieure ; 6 : Haptique postérieure ; 7 : Cellules épithéliales dans l'espace inter-capsulaire ; 8 : Cellules épithéliales capturées dans l'espace inter-capsulaire

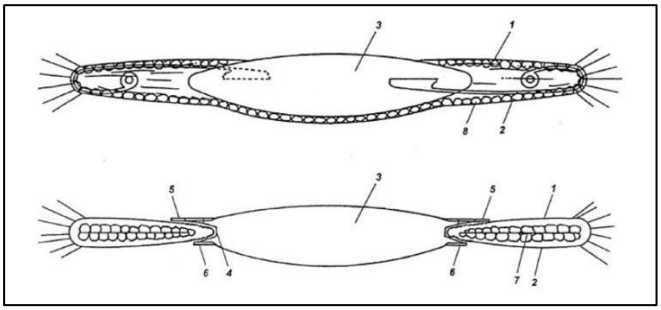


*Figure 27 : Implantation dans le sac standard en haut, versus implantation BIL en bas, schéma du Pr Tassignon*

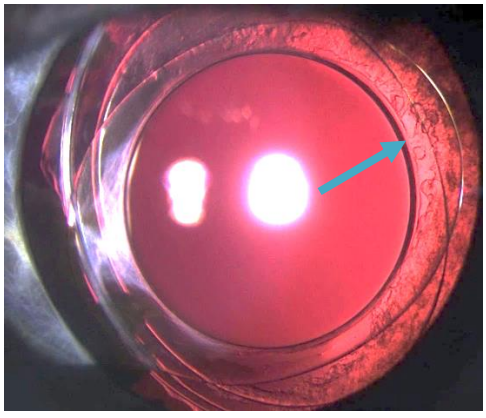


*Figure 28 : Cliché biomicroscopique d'un implant BIL chez un enfant 6 ans après son opération illustrant la présence de métaplasie des cellules épithéliales (perles d'Elschnig) localisées dans l'espace inter-capsulaire, photo du Dr Billotte*

## 2. L'implant BIL

Le cristallin artificiel « Bag-In-the-Lens » utilisé dans notre service est le Type 89A. La société Morcher® le produit en Allemagne et la société FCI® le distribue en France. Il est en acrylique hydrophile (polyHEMA [hydroxyethyl methacrylate]) pliable avec une teneur en eau d'environ 28%. Il est disponible pour des puissances dioptriques allant de 0 à +30 dioptries avec des demi-dioptries. Sur commande, il est possible d'obtenir en monofocale des dioptries négatives ou supérieures à 30 D.

Il en existe 4 types avec des dimensions variables :

- Type 89A : le plus courant. Il est monofocal sphérique (Figure 29). Il possède une optique de 5 mm et un diamètre total de 7,5 mm, chaque haptique a une épaisseur de 0,25 mm, la gouttière centrale a une épaisseur de 0,4 mm. L'épaisseur totale du cristallin artificiel comprenant en plus l'épaisseur de l'optique varie en fonction de sa puissance en dioptries (annexe 1).
- Type 89A torique : ayant les mêmes caractéristiques que le type 89A avec une puissance dioptrique cylindrique allant de +0,5 à 8,0 dioptries. Sur commande, il est possible d'obtenir jusqu'à 12 dioptries de cylindre.
- Type 89D : destiné à la chirurgie de cataracte pédiatrique des yeux avec une longueur axiale inférieur à 18 mm ou des diamètres limbiques à 8 ou 9mm. Le diamètre de l'optique est de 4,5 mm pour un diamètre total de 6,5mm. En pratique, nous ne l'utilisons pas dans notre centre car ces petits yeux ne se rencontrent pas souvent et nous n'opérons plus d'enfant avant l'âge de 3 mois.
- Type 89F : il possède une haptique antérieure plus large avec un diamètre maximal de 8,5 mm et est indiqué dans les chirurgies de cataracte combinée à une chirurgie de la rétine.

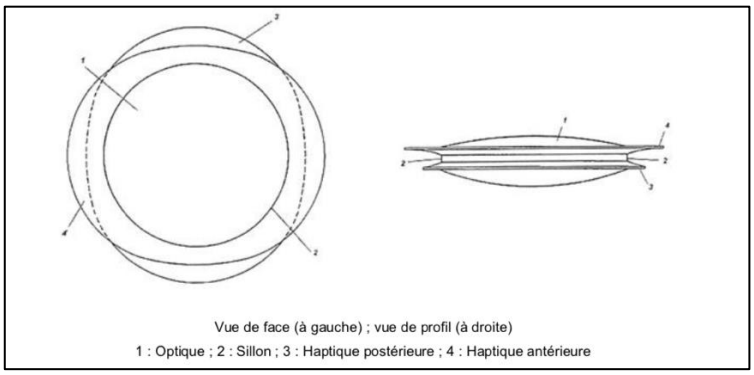



*Figure 29 : implant BIL modèle 89A vu de face (à gauche) et de profil (à droite) schéma du Pr Tassignon*

- Le type 89A multifocal avec plusieurs zones concentriques permettant une correction de la vision de loin et de près est en cours de commercialisation en France par la société PhySIOL.

Le marquage européen CE de ce cristallin artificiel a été obtenu en 2004 permettant son utilisation courante par l'équipe du Professeur Tassignon depuis cette date ainsi que son remboursement par l'équivalent de la sécurité sociale belge à la différence de la France. Un brevet a été déposé en Europe (brevet numéro 009406794,4-2310-PCT/1202684) et aux États-Unis (brevet numéro 6 027 531).

L'implant a une constante A optique de 118,2 et sa constante échographique est de 118.

## 3. Technique chirurgicale

La technique « bag-in-the-lens » nécessite la réalisation de deux capsulorhexis, antérieur et postérieur, calibrés de même diamètre et centrés, et l'utilisation d'un cristallin artificiel à géométrie spécifique adaptée afin d'y implanter le sac capsulaire. Le but est d'obtenir une fixation du cristallin artificiel n'utilisant qu'une couronne capsulaire périphérique pour assurer son maintien.

Les premières étapes de cette chirurgie sont communes à celles d'une technique classique d'implantation pédiatrique dans le sac capsulaire. Les étapes qui divergent pour l'implantation Bag-In-the-Lens sont rapportées **en gras et en rouge.**

- Dilatation pupillaire de l'œil à opérer dans l'heure précédent l'intervention par l'instillation de collyres (néosynéphrine 2,5% ou 5%® en fonction de l'âge et tropicamide 0,5%®)
- Double détersion cutanée et des culs de sacs conjonctivaux
- Anesthésie locorégionale complémentaire à l'anesthésie générale
- Incision sclérale de 2,4 mm, après avoir désinséré la conjonctive et la Tenon ; après 2 ans, incision cornéenne
- Injection de produit viscoélastique cohésif dans la chambre antérieure afin de la maintenir ouverte (Healon GV® [sodium hyaluronate 1,4%] dans notre étude)

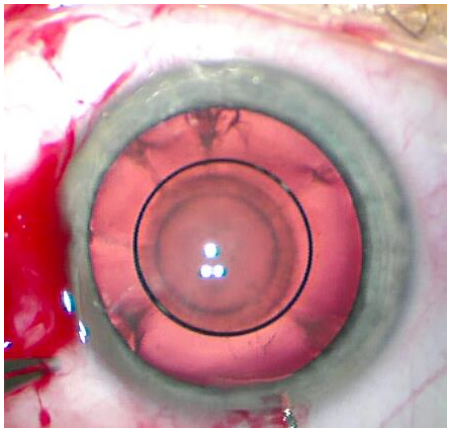


*Figure 30 : Anneau de calibrage en chambre antérieure de 4,5 mm chez l'enfant, photo du Dr Billotte*

- **Mise en place d'un système de calibrage pour réaliser le capsulorhexis antérieur centré : soit insertion en chambre antérieure d'un anneau de calibrage pliable en PEMA (poly éthyl methacrylate) de 4,5 mm de diamètre chez l'enfant (*versus de 5 mm de diamètre chez l'adulte*) ou utilisation d'un système de projection de mires, centrés en fonction des reflets de Purkinje 1 et 4** (Figure 30).

Chez l'enfant, la courbure cornéenne plus élevée agrandit la projection de mire pouvant aboutir à un rhexis plus grand que souhaité.

- Réalisation du capsulorhexis antérieur calibré et centré à la pince
- **Ablation de l'anneau de calibrage à la pince de Troutman**
- Hydro délinéation du noyau du cristallin par rapport au cortex cristallinien par injection d'une solution saline BSS (Balanced Salt Solution) adaptée à l'œil
- Phacoaspiration uniquement du noyau du cristallin sans utilisation d'ultrasons (machines INFINITI® de la société Alcon®, États-Unis ou Machine Stellaris® Baush and Lomb, France)

- Aspiration des masses corticales cristalliniennes résiduelles en maintenant l'irrigation continue
- **Remplissage de la chambre antérieure par un produit viscoélastique cohésif dans le but d'aplatir la capsule antérieure résiduelle contre la capsule postérieure**. Le produit viscoélastique n'est pas injecté dans le sac capsulaire mais en avant de la capsule antérieure résiduelle dans le plan irien
- **Réalisation d'une ouverture punctiforme de la capsule postérieure en son centre à l'aide d'une aiguille 30G ou d'une seringue à insuline**
- **Injection par cette moucheture d'un produit viscoélastique dispersif (hyaluronate de sodium de bas poids moléculaire type Viscoat®), dans l'espace de Berger pour repousser la membrane hyaloïde antérieure vers l'arrière, jusqu'à recouvrir l'aire du capsulorhexis antérieur** (Figure 31)

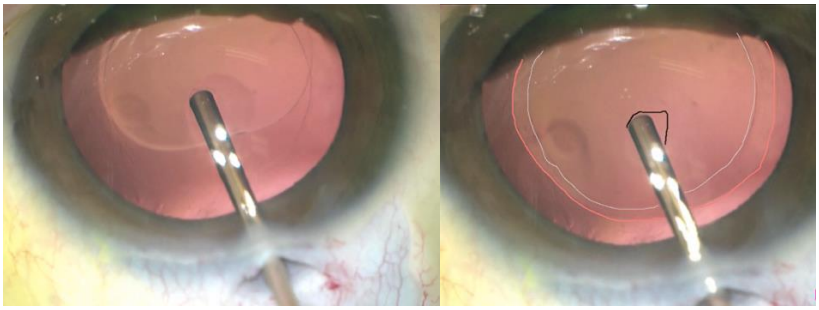


*Figure 31 : Injection de Viscoat® au travers d'une moucheture de la capsule postérieure (en noire) formant une bulle (orange) devant aller au-delà du capsulorhexis antérieur (en gris)*

- **Réalisation du capsulorhexis postérieur** (Figure 32) **en suivant le contour du capsulorhexis antérieur, aboutissant à une superposition des deux capsulorhexis**

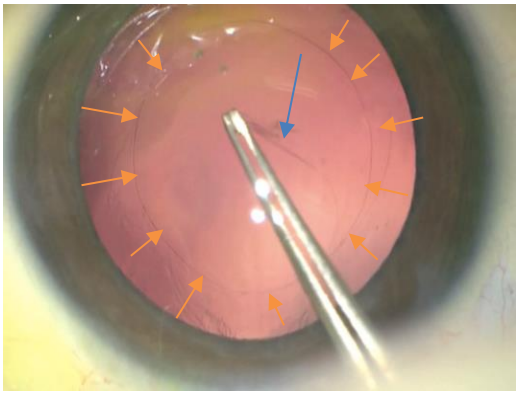


*Figure 32 : Capsulorhexis postérieur calibré (flèche bleue) par rapport à antérieur (flèches oranges)*

- Injection et mise en place de l'implant par insertion circonférentielle des deux capsulorhexis accolés dans le sillon de l'implant (Figure 33)

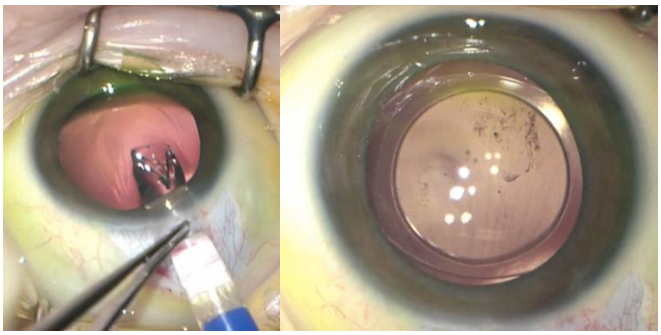


*Figure 31 : Injection de l'implant BIL (à gauche) par une injection de 2,4 mm, implant BIL janté en fin d'intervention, photo Dr Billotte*

- Aspiration du produit viscoélastique en chambre antérieure
- **Injection d'un agent myotique en chambre antérieure Miostat® en vérifiant l'absence de capture irienne**
- Aspiration du viscoélastique cohésif situé en chambre antérieure (le viscoélastique dispersif situé dans l'espace de Berger dans la technique « bag-in-the-lens » est laissé en place)
- Étanchéité des incisions cornéennes par injection de BSS au niveau des berges et suture par un fil de Vicryl 10.0 chez l'enfant
- Injection de Céfuroxime® en chambre antérieure
- Injection sous ténonienne systématique de corticoïdes retard Célestène Choronodose®
- Application d'une pommade antibio-corticoïde
- Coque oculaire

La figure 34 ci-après représente en détail les étapes permettant l'implantation BIL.

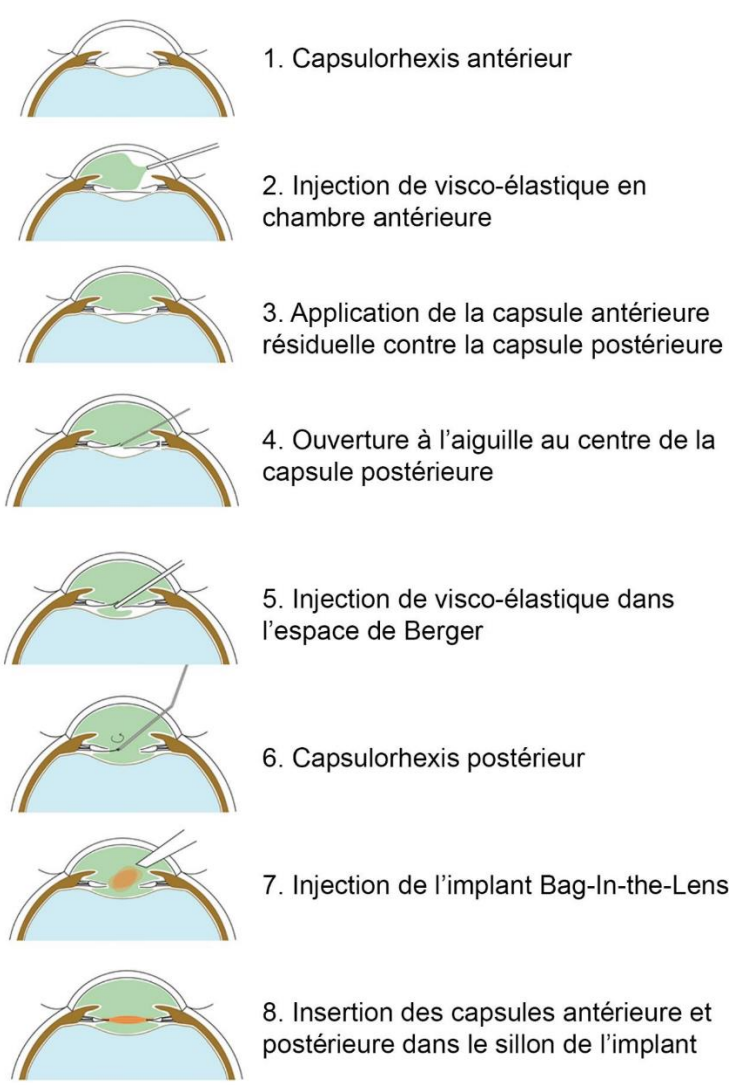



*Figure 32 : schéma descriptif des étapes de l'implantation Bag-in-the-Lens, schémas des Dr Pescatori et Dr Rysanek*

## 4. Traitement post opératoire

Le traitement post opératoire était commun à tous les enfants : Maxidrol® pommade 3 fois par jour pendant 1 mois. Pour les enfants de plus de 2 ans, de l'Azyter® matin et soir pendant 3 jours était ajouté. L'enfant était revu en fin d'après-midi après l'intervention à la lampe à fente portable avant sa sortie : vérification de l'absence de douleur, vérification de la présence d'une chambre antérieure formée et d'une pupille ronde sans capture irienne ni luxation d'implant. Puis le suivi post opératoire classique comprenait un contrôle à 7 jours et à 1 mois où une correction optique était prescrite.

## 5. Correction optique et rééducation de l'amblyopie



*Figure 33 : port d'un cache pour rééducation de l'amblyopie*

La prise en charge chirurgicale de la cataracte n'est que la partie apparente de l'iceberg. La restauration d'une transparence des milieux seule n'est pas suffisante. L'enfant doit apprendre à voir avec son/ses yeux. Même après mise en place d'un implant, une correction additionnelle par lunettes est nécessaire pour corriger la vision de près, et parfois compléter la correction de la vision de loin (hypermétropie initiale). La correction optique est prescrite à 1 mois postopératoire. Avant 12 mois, on prescrit généralement une vision monofocale en vision intermédiaire ; entre 12 mois et 4 ans un verre bifocal dont la ligne de séparation entre la vision de loin et la vision de près est plus haute que l'adulte car l'enfant regarde le monde extérieur qui se trouve pour lui vers le haut ; après 4 ans un verre progressif. La rééducation par occlusion dépend de l'âge et du type de cataracte. Elle débute environ 8 à 15 jours après l'intervention, lorsque l'état local cutané le permet. Le cache est porté contre la peau (Figure 35), collé dans le noir par les parents et les lunettes sont portées par-dessus. L'adaptation se fait en fonction de chaque enfant, au cas par cas, chaque praticien ayant sa « recette ».

Premièrement, un traitement d'attaque est proposé pendant 18 mois, puis un traitement d'entretien en diminuant petit à petit le nombre d'heures de cache porté par jour. L'enjeu est de rétablir une isoacuité visuelle. Si la vision baisse, cela signifie que la diminution du temps de port du cache a été trop rapide et il faut reprendre l'étape précédente.

# III. ETUDE

## A. Objectif de l'étude

L'objectif principal était d'étudier rétrospectivement les **résultats au long cours** de la **chirurgie de cataracte pédiatrique** avec la technique d'implantation « Bag-In-the-Lens » utilisée dans notre service depuis 10 ans.

## B. Patients et méthode

### 1. Patients

Nous avons mené une étude rétrospective observationnelle en ouvert monocentrique au CHU de Caen. Cette étude a été approuvée par le Comité Local d'Éthique au sein de l'établissement de santé du CHU de CAEN.

Tous les enfants de moins de 16 ans opérés de la cataracte avec implantation BIL entre Janvier 2009 et 2019, avec un recul minimum de 3 mois ont été inclus. Tous les types de cataracte ont été inclus, comprenant les cataractes congénitale, traumatique, uvéitique ou cortisonique. Il n'y avait aucun critère d'exclusion.

La base de données avec le nom de tous les patients répondant à ces critères a été récupérée grâce aux codages du Département d'Information Médicale ou DIM (phacoémulsification extra capsulaire et mise en place d'un implant de chambre postérieure avec le code BFGA004 et cataracte pédiatrique avec le code H260).

### 2. Méthode

#### *a) Prise en charge des enfants*

Les procédures chirurgicales sont réalisées en hospitalisation pédiatrique conventionnelle ou ambulatoire, sous anesthésie générale, après dilatation pupillaire par collyres mydriatiques, par 3 principaux opérateurs (Dr BILLOTTE, Dr DENION et Dr LUX) suivant la méthode décrite dans le chapitre d'introduction.

Les biométries avaient été réalisées en préopératoire si l'âge de l'enfant le permettait. Avant l'âge de 2 ans, la biométrie était effectuée immédiatement avant l'intervention sous anesthésie générale. Une mesure de la kératométrie au kératomètre portable (Rétinomax Kplus®, Luneau) et une mesure de la longueur axiale à l'échographie mode A étaient réalisées (Aviso®, Quantel Medical). La puissance de l'implant était calculée selon la formule SRK/T et sous corrigée en prenant en compte la croissance future de l'œil selon les abaques du Professeur de Laage de Meux décrit précédemment. Une gamme d'implants allant de 20 à 30 dioptries était à disposition au bloc opératoire.

*b) Recueil des données*

Les données ont été recueillies a posteriori dans les dossiers médicaux de chaque enfant.

Les **données préopératoires** relevées dans les dossiers comportaient :

- L'âge de l'enfant au moment de l'intervention
- Le sexe de l'enfant
- La scolarité
- Les antécédents généraux : malformations associées
- Les antécédents familiaux de cataracte congénitale
- Les antécédents ophtalmologiques associés : uvéite, strabisme, traumatisme oculaire, décollement de rétine
- L'acuité visuelle corrigée préopératoire lorsqu'elle était réalisable

Les **données peropératoires** relevées dans les comptes rendus opératoires comprenaient :

- Le côté opéré et le caractère uni ou bilatéral
- Le nom de l'opérateur
- Les résultats de la longueur axiale et de la kératométrie ainsi que la puissance de l'implant calculée par la formule SRK/T et la réfraction cible visée
- La puissance de l'implant posé

- La faisabilité de l'implantation BIL : les cas d'implantation BIL prévue ont été répertoriés et ceux où cet implant a réellement été mis en place
- La réalisation d'une vitrectomie antérieure ou non
- Les complications peropératoires éventuelles

Pour les **<u>données postopératoires</u>**, nous avons répertorié la durée du suivi (délai entre l'intervention chirurgicale et la dernière consultation postopératoire étudiée) et la survenue des complications suivantes :

- Reprise chirurgicale en lien avec l'intervention initiale de cataracte : le cas échéant, le délai par rapport à la première intervention est noté ainsi que le type d'intervention réalisé (nous avons exclu un cas de réintervention d'injection de toxine botulique pour strabisme)
- Cataracte secondaire : définie comme un envahissement gênant de l'axe visuel
- Hypertonie oculaire : définie par une pression intraoculaire strictement supérieure à 21 mmHg
- Glaucome secondaire : défini comme une hypertonie oculaire associée à un œdème cornéen, une buphtalmie, une myopie axiale, une modification de la papille ou une anomalie du champ visuel[50]
- Capture irienne
- Luxation d'implant
- Décollement de rétine
- Inflammation oculaire nécessitant la majoration du traitement postopératoire
- Œdème maculaire cystoïde
- Décompensation endothéliale
- Endophtalmie

Nous avons noté également la présence d'un traitement oculaire ou non, la réalisation d'une rééducation orthoptique, et la répercussion sur la scolarité.

Pour chaque enfant opéré, le dernier examen ophtalmologique (avec un recul minimal de 3 mois par rapport à la date d'intervention) a été collecté soit dans le dossier informatique patient du CHU si le patient était toujours suivi ici, soit en envoyant une demande auprès de l'ophtalmologiste traitant.

Les résultats postopératoires de cet examen ophtalmologique le plus récent comprenaient :

- La réfraction, convertie en équivalent sphérique
- L'acuité visuelle en échelle Monoyer (en décimal) et en LogMar
- Le tonus oculaire en mmHg
- L'examen biomicroscopique du segment antérieur sans et après dilatation pupillaire : synéchies, décentrement de l'implant, fibrose du sac, inflammation, cataracte secondaire
- Le fond d'œil dilaté

Nous avons conduit une étude de prédictibilité du calcul de la puissance de l'implant dans le traitement de la cataracte de l'enfant. A l'aide de la longueur axiale et des kératométries, nous avons calculé la puissance de l'implant nécessaire pour viser l'emmétropie avec les 4 formules usuelles : SRK/T, SRKII, HofferQ et Holladay1. En pratique, le chirurgien a sous corrigé cette puissance selon les abaques pour anticiper la croissance oculaire de l'enfant.

A partir de la puissance de l'implant posé chez le patient, nous avons calculé l'équivalent sphérique visé pour les 4 formules. Nous avons comparé ensuite à l'équivalent sphérique obtenu en postopératoire immédiat (avant 1 mois postopératoire). Nous avons appliqué le coefficient correcteur selon les abaques de Professeur De Laage de Meux. De même, ce nouvel équivalent sphérique sous-corrigé a été comparé à celui obtenu dans le suivi (équivalent sphérique du dernier examen ophtalmologique).

Les erreurs prédictives (EP) correspondent à la différence entre ces équivalents sphériques. Pour les statistiques, les erreurs prédictives absolues (EPA) ont été utilisées. La prédictibilité du calcul d'implant était considérée bonne quand l'EPA était inférieure ou égale à 0,5, correcte entre 0,5 et 1, mauvaise si elle était supérieure ou égale à 1.

## 3. Critères d'évaluation

Le critère principal de jugement de notre étude est **le taux de réintervention**.
Les critères secondaires sont :

- Les résultats réfractifs en postopératoire immédiat et lors du suivi
- Les résultats en terme d'acuité visuelle lors du suivi
- L'analyse en sous-groupes chez les enfants opérés avant l'âge de 1 an et ayant un suivi de plus de 5 ans
- Le taux d'opacification capsulaire postérieure fonctionnellement gênante avec envahissement de l'axe visuel
- Le taux de survenue d'hypertonie secondaire
- La survenue d'autres complications : décompensation endothéliale, capture irienne, luxation d'implant, inflammation oculaire, œdème maculaire, synéchie irido-cristalinienne, décollement de rétine et endophtalmie
- L'étude de la prédictibilité des formules pour le calcul d'implant

## 4. Analyse statistique

Les données statistiques descriptives sont calculées en moyenne, médiane et écart type. Les variables qualitatives catégorielles sont exprimées en pourcentage. Les résultats réfractifs sont exprimés en équivalent sphérique (sphère + cylindre/2 en dioptries). Les acuités visuelles sont exprimées en décimale pour l'échelle de Monoyer et ont été converties en Log-MAR.

Pour les variables quantitatives, l'analyse comparative univariée a fait appel au test t de Student ou à l'analyse de variance après vérification de l'hypothèse d'égalité des variances. Concernant les variables qualitatives, nous avons eu recours au test du Khi deux ou test exact de Fischer seulement en fonction du respect des conditions de validité.

La notion de risque a été évaluée par des modèles de régression logistique univariée puis multivariée. Pour ce dernier type d'analyse, nous avons utilisé une régression pas à pas descendante.

Toutes les analyses ont été réalisées en bilatéral avec une erreur de première espèce inférieure à 5% (p significatif si <0,05).

Les données ont été saisies sur le logiciel Excel puis exportées sur le logiciel d'analyse statistique IBM-SPSS version 22.01.

## C. Résultats

### 1. Caractéristiques de la population

Nous avons inclus dans notre étude **76 yeux** de 61 enfants entre le 1er janvier 2009 et le 1er janvier 2019 : soit 32 filles (52,5%) pour 29 garçons (47,5%) (p=0,798). Il y avait 15 cas de cataractes bilatérales (39,5%), soit 30 yeux, pour 46 cataractes unilatérales (60,5%) (p=0,085). 37 yeux droits ont été opérés (48,7%) contre 39 yeux gauches (51,3%) sans différence significative (p=0,909).

71,1% des cataractes étaient congénitales, dont un enfant présentait un cas de lenticône postérieur. Nous notions 3 cataractes traumatiques (plaie de cornée, contusion par coup de coude, contusion par coup de torchon), 2 cataractes uvéitiques (arthrite juvénile, panuvéite idiopathique unilatérale) et 1 cas de cataracte cortisonique (eczéma sévère des paupières, traité par corticoïdes locaux).

Un patient était atteint de trisomie 21 et une patiente avait une cataracte s'intégrant dans le syndrome de Stickler. Nous avions deux cas de persistance primitif du vitré et deux cas de microphtalmie associés. 12 enfants présentaient des antécédents familiaux de cataracte congénitale (19,7%).

L'âge moyen au moment de la chirurgie était de 5,98 ans +/- 5,02 SD pour une médiane de 5,27 ans. L'enfant le plus jeune opéré avait 2 mois et le plus âgé 16 ans. 17 yeux de 12 enfants ont été opérés avant l'âge d'un an (19,7%).

L'âge moyen lors du dernier examen était de 9,24 ans +/- 5,13. L'âge médian au dernier examen était de 8 ans. Le tableau numéro 1 rappelle les caractéristiques principales de la population de l'étude.

*Tableau 1 : Caractéristiques de la population*

| *Nombre de patients* | | **61** | |
|---|---|---|---|
| *Nombre yeux* | | **76** | |
| | | *Nombre* | *%* |
| *Sexe (p=0,798)* | Filles | 32 | 52,5 |
| | Garçons | 29 | 47,5 |
| *Côté (p=0,909)* | Droit | 37 | 48,7 |
| | Gauche | 39 | 51,3 |
| *Latéralité (p=0,085)* | Unilatéral | 46 | 60,5 |
| | Bilatéral | 30 | 39,5 |
| *Types de cataractes* | Congénitale | 54 | 71 |
| | Traumatique | 3 | 3,9 |
| | Uvéitique | 2 | 3,3 |
| | Cortisonique | 1 | 1,6 |
| *Pathologies associées* | Trisomie 21 | 1 | 1,6 |
| | Persistance de la vascularisation fœtale | 2 | 2,6 |
| | Microphtalmie | 1 | 1,6 |
| | Syndrome de Stickler | 1 | 1,6 |
| *Antécédents familiaux* | | 12 | 19,7 |
| *Nombre d'yeux opérés* | Avant l'âge 1 an | 17 | 19,7 |
| | Avant l'âge de 6 mois | 9 | 11,8 |
| | | Age (années) | |
| *Age au moment de la chirurgie* | Moyenne | 5,98 | |
| | Minimum | 0,21 | |
| | Maximum | 16 | |

## 2. Données préopératoires

L'acuité visuelle préopératoire n'était disponible que pour 27 enfants (44,26%). Elle était à 0,25 en moyenne sur l'échelle Monoyer. En effet, les enfants étaient

principalement examinés en période préverbale et cela ne permettait pas d'obtenir une acuité visuelle préopératoire chiffrée.

La longueur axiale moyenne préopératoire était de 21,5 mm avec un minimum de 15,30 mm et 28,32 mm de maximum. La kératométrie moyenne était de 43,7 avec un minimum à 39,5 et un maximum à 50,7.

La puissance de l'implant était calculée par la formule SRKT.

### 3. Données peropératoires

Trois opérateurs étaient représentés. Le Docteur Billotte a opéré 56 yeux (73,3%), le Docteur LUX 16 (21,1%) et le Docteur DENION 4 (5,3%).

Dans 8 cas l'implantation BIL était prévue mais n'a pas pu avoir lieu pour cause de rhexis antérieur trop large ou ayant filé. 5 de ces enfants (62,5%) avaient moins de 6 mois. Dans 90,5% des cas l'implantation BIL prévue a pu être réalisée (76 cas sur 84).

La puissance moyenne des implants utilisés était de 24,5 dioptries. Le plus petit implant posé était de 11 dioptries chez une enfant forte myope atteinte d'un syndrome de Stickler. L'implant le plus puissant posé était de 34 dioptries, ayant nécessité une commande spéciale chez un enfant de 5 mois.

Dans la très grande majorité des cas aucune vitrectomie n'était réalisée lors de l'intervention initiale. Au total, 7 vitrectomies antérieures ont dû être réalisées suite à une issue de vitré soit 9,2%. A noter que dans les 2 cas de PVF, il n'a pas été nécessaire de réaliser une vitrectomie antérieure.

Un enfant a fait une forte poussée d'hypertonie peropératoire résolutive après vitrectomie.

Dans 11% des chirurgies un geste a été associé à la chirurgie de la cataracte répertoriées dans le tableau 2 : les deux cataractes uvéitiques ont bénéficié d'une levée des synéchies concomitantes. Dans deux cas, un anneau de tension a dû être posé pour maintenir un sac capsulaire en place.

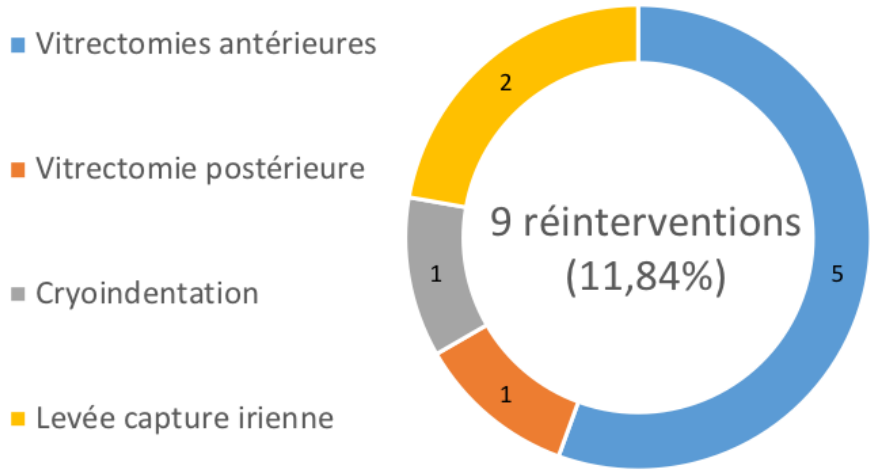
*Tableau 2 : Gestes peropératoires associés*

| | *Nombre* | *%* |
|---|---|---|
| *Vitrectomie antérieure* | 7 | 9,2 |
| *Vitrectomie postérieure* | 1 | 1,3 |
| *Levée de synéchies* | 2 | 2,6 |
| *Pose anneau de tension* | 2 | 2,6 |

## 4. Taux de réintervention

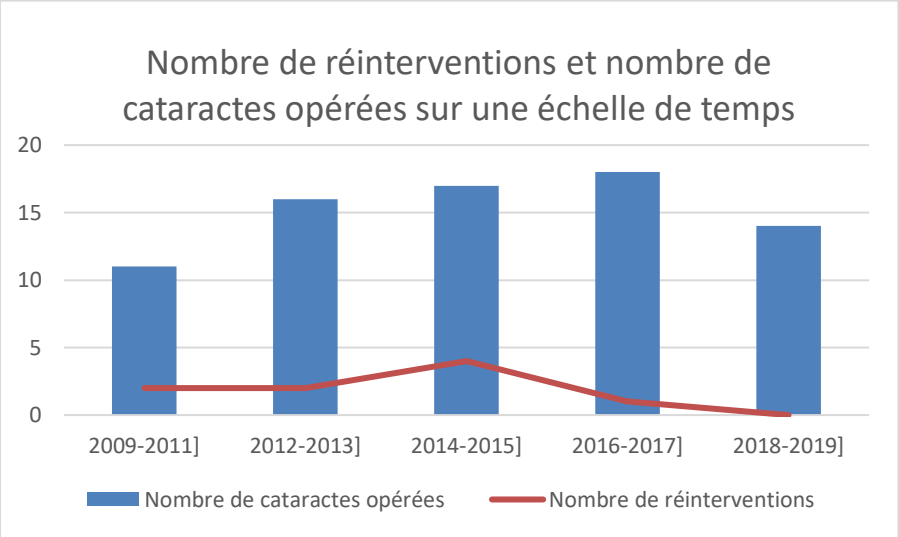
La durée moyenne de suivi des enfants était de 3,27 ans avec un minimum de 3 mois (critère d'inclusion) et un maximum de 9,6 ans.

Au total, il y a 9 réinterventions suites aux 76 opérations initiales (11,84%) inscrites sur le graphique 1 ci-dessous. Le délai moyen de réintervention est de 1,27 an. Les cas de réinterventions pour strabisme (un cas d'injection de toxine botulique dans notre série) n'ont pas été pris en compte comme chirurgie additionnelle en lien avec la chirurgie initiale de la cataracte congénitale.




*Graphique 1 : Diagramme des réinterventions*

Depuis mai 2017, aucune reprise chirurgicale suite à la chirurgie de la cataracte par BIL n'a été nécessaire. Le graphique 2 montre bien la diminution des reprises chirurgicales en fonction du nombre de cataractes opérées en fonction du temps.




*Graphique 2 : Nombre de réinterventions et nombre de cataractes opérées en fonction du temps*

5 vitrectomies antérieures ont été réalisées dont une vitrectomie antérieure pour luxation en chambre antérieure de l'implant avec repositionnement et 4 vitrectomies pour cataractes secondaires.

4 cas d'opacification secondaire sur 76 yeux (5,2%) ont été répertoriés chez 3 enfants. 2 enfants avaient moins de 6 mois au moment de la chirurgie. En effet, le premier patient avait 3 mois et le second avait 2 mois pour le premier œil et 3 mois pour le deuxième. Enfin, le dernier patient avec une cataracte secondaire était âgé de 5 ans au moment de la chirurgie mais était le deuxième enfant opéré par cette technique BIL. Tous ces cas font suite à un mauvais positionnement de l'implant qui était mal janté dans le rhexis postérieur. La reprise chirurgicale a été unique. Pour l'enfant ayant une cataracte secondaire bilatérale, la vitrectomie antérieure a été réalisé des deux côtés lors de la même intervention. Aucun cas de récidive de cataracte secondaire ne s'est manifesté après la vitrectomie.

Un enfant a bénéficié d'une vitrectomie postérieure avec endolaser et tamponnement par silicone pour décollement de rétine, s'intégrant dans le syndrome de Stickler. Un autre cas de décollement de rétine est à déplorer dans notre série (1,3%). Ce deuxième enfant a, quant à lui, bénéficié d'une cryoindentation.

Deux reprises chirurgicales sont en lien avec des captures iriennes de l'implant (2,6%). L'implant BIL a une géométrie telle que l'iris peut se glisser sous une des haptiques dans le sillon déformant la pupille. Si la dilatation pupillaire est insuffisante, il convient alors de libérer l'iris chirurgicalement.

Aucun cas de cataracte secondaire n'est apparu quand l'implant était d'emblée bien positionné (0%).

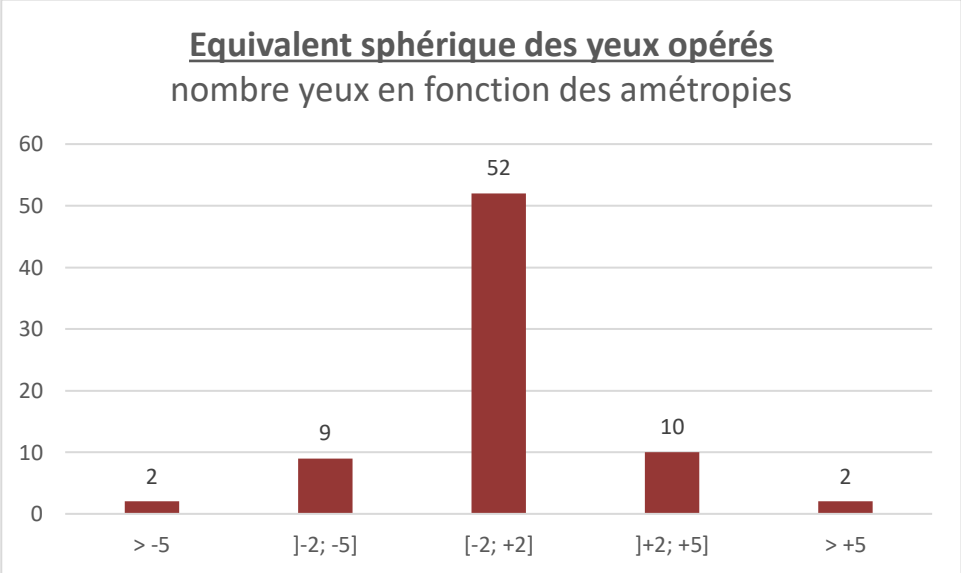
Un seul cas d'hypertonie postopératoire est survenu, chez l'enfant ayant eu une vitrectomie postérieure suite à un décollement de rétine. Il n'y avait aucun cas d'hypertonie secondaire à la chirurgie cataracte seule par implantation BIL.

Dans un cas, un traitement anti inflammatoire a dû être repris dans les suites de la chirurgie chez un enfant atteint d'arthrite juvénile.

Aucune décompensation cornéenne endothéliale, ni œdème maculaire, ni endophtalmie n'est à signaler.

## 5. Données postopératoires

La réfraction postopératoire en équivalent sphérique était en moyenne mesurée à -0,36+/-2,88D avec une myopie maximale allant jusqu'à -13,75 Dioptries (patient atteint de trisomie 21) et une hypermétropie maximale de + 7 Dioptries. 68,4% des patients avaient un équivalent sphérique compris entre -2 et +2 (graphique 3).




*Graphique 3 : Répartition des équivalents sphériques : 68,4% ont un ES compris entre -2 et +2*

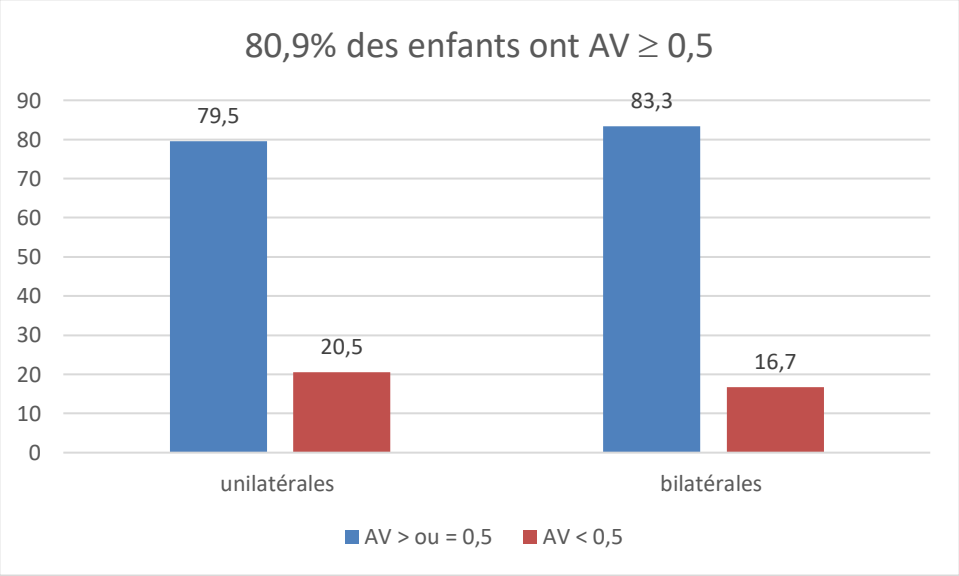
L'équivalent sphérique moyen de l'œil contrôle (œil non opéré dans les cataractes unilatérales) était de 0,36 +/- 2,6 D avec une réfraction myopique maximale de -6,25 D et une hypermétropie maximale de 6,25 D.

Les acuités visuelles de loin étaient de 0,71 de moyenne sur l'échelle Monoyer soit 0,23 LogMar. Pour les acuités visuelles de près, on était en moyenne à Parinaud 3,5.

Concernant l'acuité visuelle postopératoire, les données étaient disponibles pour 24 des 30 cas de cataractes bilatérales (6 données manquantes), et 44 des 46 cas de cataractes unilatérales (2 données manquantes).

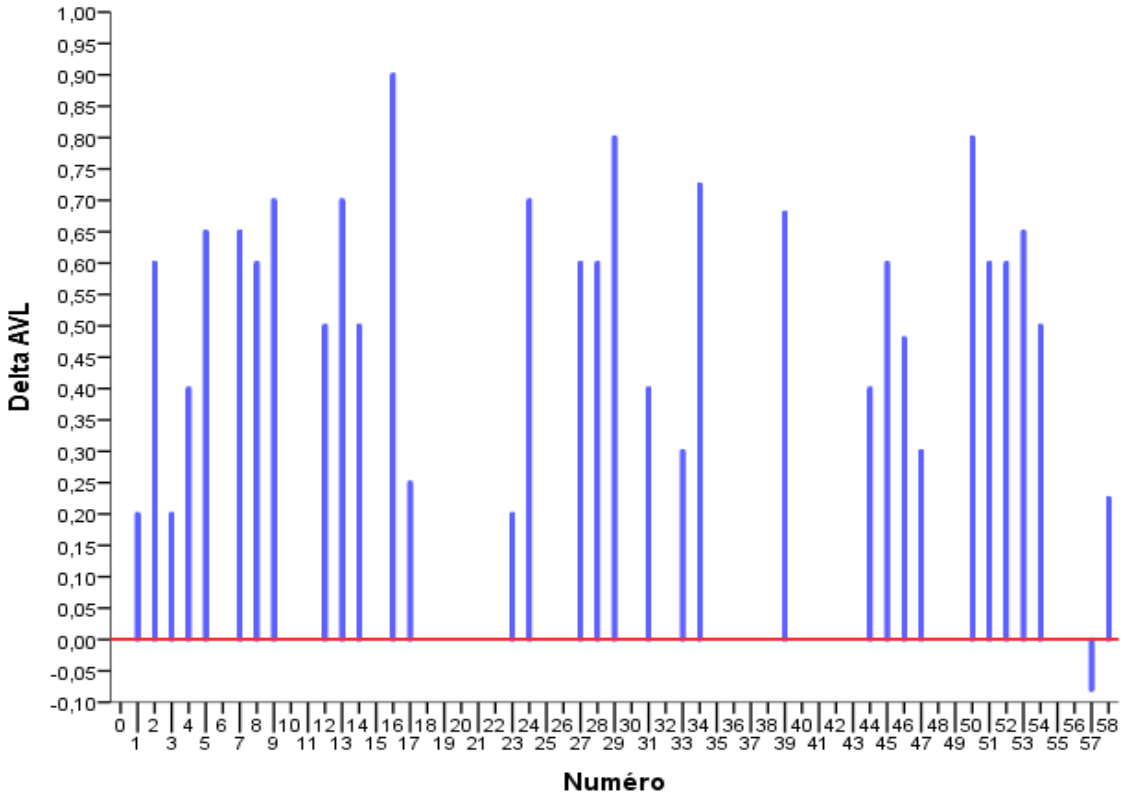
En valeur décimale, l'acuité visuelle de loin moyenne des yeux opérés était de 0,72 +/- 0,31.

55 enfants sur 68 avaient au moins 5/10$^{ème}$ en postopératoire (80,9%). 20 enfants sur 24 (83,3%) opérés d'une cataracte bilatérale et 35 des 44 enfants opérés d'une cataracte unilatérale (79,5%) avaient une acuité visuelle supérieure ou égale à 0,5 comme le montre le graphique 4.



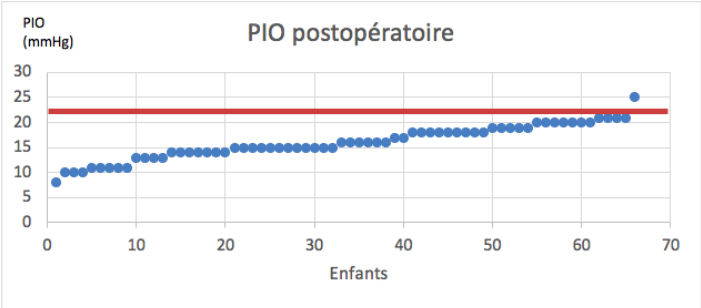

*Graphique 4 : pourcentage d'enfants ayant AV≥0,5 dans les groupes cataractes bilatérales et unilatérales*

Nous avons calculé les différences entre l'acuité visuelle de loin préopératoire et postopératoire (DeltaAVL). L'acuité visuelle de loin a augmenté chez tous les enfants sauf pour un patient qui n'a pas bénéficié de rééducation de l'amblyopie pour un problème social (graphique 5).




*Graphique 5 : Différence entre AV pré et postopératoire de loin*

La pression intraoculaire (PIO) postopératoire a été colligée pour 66 des 76 yeux opérés. Elle est de 16,04 mmHg en moyenne, avec un écart type de 3,39. La pression oculaire la plus basse était de 8 mmHg et la plus haute de 25 mmHg. Seul un enfant présente une hypertonie (à 25 mmHg), suite à sa chirurgie de vitrectomie postérieure pour décollement de rétine, comme le montre le graphique 6. L'enfant est traité par Brinzolamide® depuis 3 mois bien que sa papille reste physiologique. Une surveillance régulière est faite. Tous les autres enfants ont une PIO≤21 mmHg. Il n'y a eu aucune chirurgie filtrante nécessaire.




*Graphique 6 : PIO postopératoire : un seul cas d'hypertonie > 21 mmHg*

Lors du dernier examen ophtalmologique, aucune récidive de cataracte secondaire n'est rapportée. Il n'y a aucune synéchie irido-cristallinienne, aucune inflammation endoculaire active, aucun décentrement de l'implant, aucune fibrose du sac. La figure 36 montre la pupille bien ronde avant dilatation à gauche, et l'implant avec un axe visuel clair après dilatation à droite.

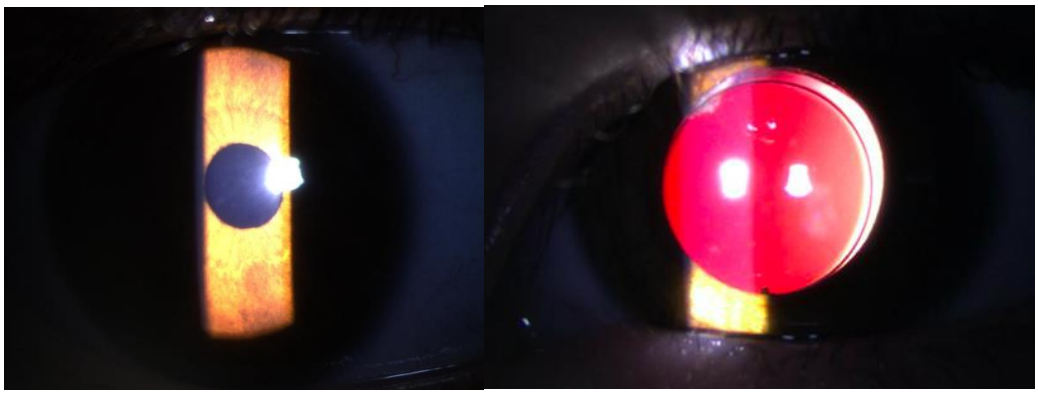


*Figure 34 : aspect avant et après dilatation d'un implant BIL : aucune synéchie, aucune opacification capsulaire secondaire lors du suivi à 2 ans*

## 6. Analyse de sous-groupe

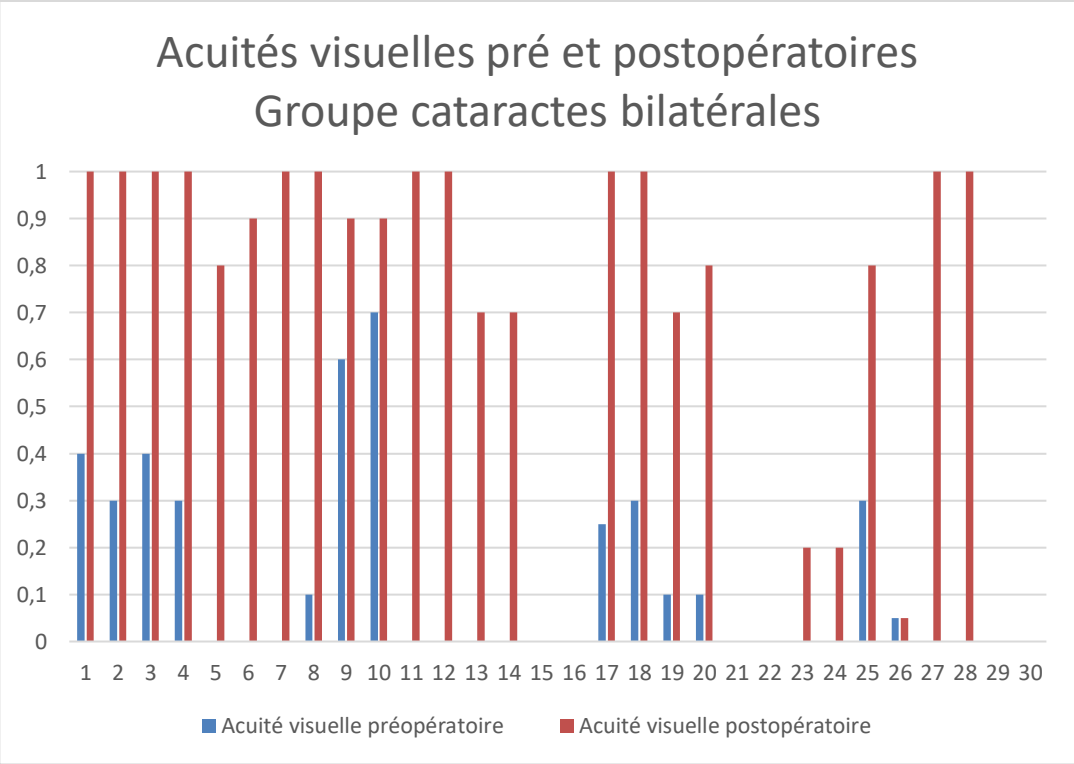
### (1) Cataractes unilatérales versus bilatérales

30 yeux de 15 enfants appartiennent au groupe bilatéral et 46 yeux au groupe unilatéral. Il n'y a pas de différence significative entre ces deux groupes concernant l'âge opératoire (6,20 versus 5,63 ans ; p=0,269), l'acuité visuelle de loin préopératoire quand elles étaient disponibles (0,23 versus 0,3 Dioptries ; p=0,781), l'âge au dernier examen (9,06 versus 9,8 ; p=0,634) ou la durée de suivi (3,32 ans versus 3,17 ans ; p=0,790).

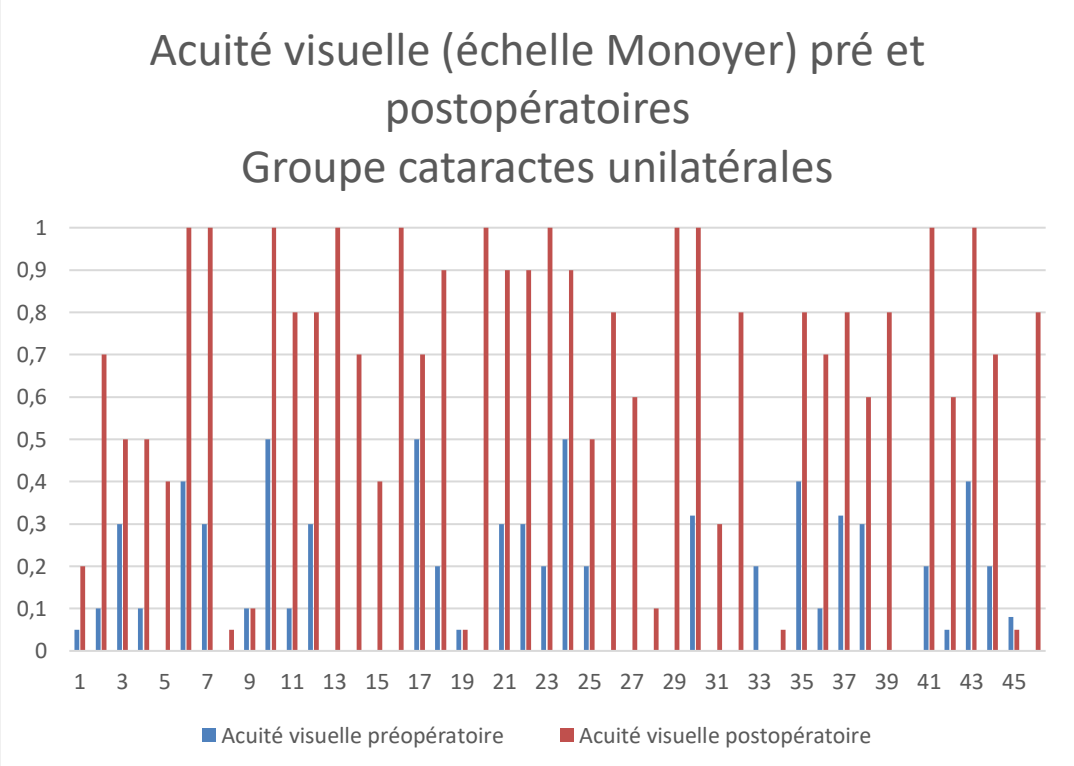
Il n'y a pas de différence significative sur le taux de réintervention : 2 réinterventions pour le groupe bilatéral (6,6%) versus 7 pour le groupe unilatéral (15,2%) (p=0,511).

Il y avait 6 acuités visuelles manquantes dans le groupe bilatéral et 1 dans le groupe unilatéral. L'acuité visuelle postopératoire est de 0,15LogMar (soit 0,7 en décimal) dans le groupe bilatéral versus 0,28LogMar (soit 0,5 en décimal) dans le groupe unilatéral sans différence significative (p=0,121).

Le graphique 7 représente les acuités visuelles pré et postopératoires dans le groupe bilatéral et le graphique 8 dans le groupe unilatéral.



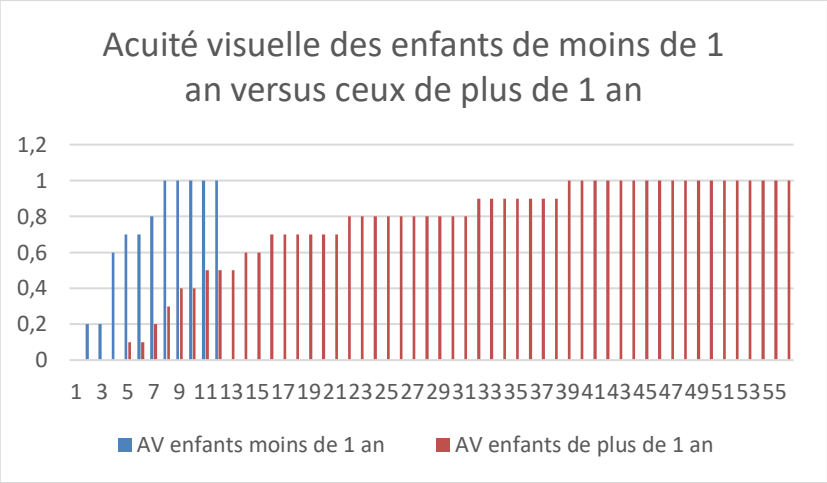

*Graphique 7 : AV pré et postopératoires dans le groupe bilatéral*




*Graphique 8 : AV pré et postopératoires dans le groupe unilatéral*

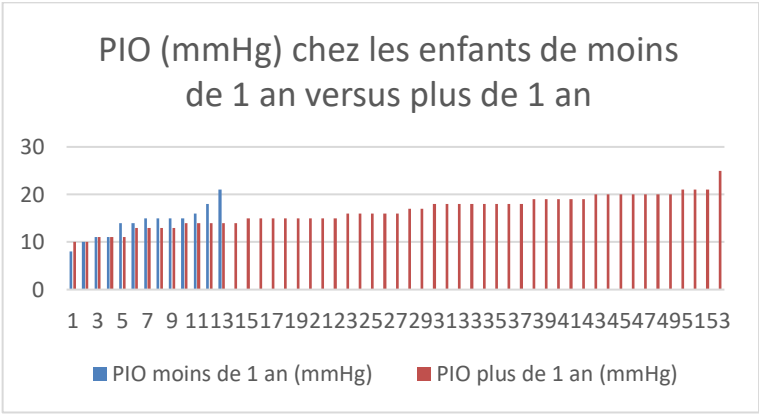
### (2) Enfants opérés avant l'âge de 1 an

12 enfants âgés de moins de 1 an ont été opérés soit 17 yeux. Il n'y a pas de différence significative entre ce sous-groupe et le reste de la population en terme de genre (p=0,460), latéralité (p=0,879) et caractère uni ou bilatéral (p=0,197). Leur acuité visuelle moyenne postopératoire est de 0,257LogMar (0,68 en décimal) en moyenne versus 0,227LogMar (0,72) chez les autres enfants. Il n'y a pas de différence significative (p=0,494) (Graphique 9).




*Graphique 9 : AV chez les enfants de moins de 1 an versus le reste de la série*

La PIO moyenne est de 14,1 mmHg dans le groupe moins de 1 an, contre 16,5mmHg dans le groupe plus âgé. La PIO la plus basse était de 8 mmHg et la plus élevée de 21 mmHg. La PIO est significativement plus faible en postopératoire chez les enfants opérés avant 1 an (p=0,018) (graphique 10).




*Graphique 10 : PIO postopératoire chez les enfants opérés avant 1 an*

Il n'y avait pas significativement plus de vitrectomie antérieure dans ce groupe : 5,9% de vitrectomie chez les moins de 1 an, versus 10,3% pour les enfants de plus de 1 an (p=1,00).

Il y a eu 4 réinterventions (23,5%) chez les enfants opérés avant l'âge de 1 an versus 6 réinterventions dans le groupe opéré après 1 an (10,2%) sans différence significative (p=0,217).

### (3) Enfants opérés avant l'âge de 6 mois

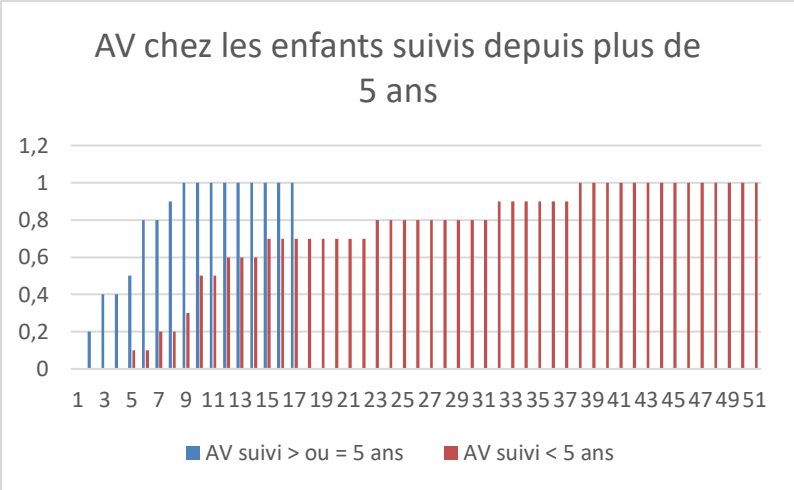
9 yeux ont été opérés chez des enfants âgés de moins de 6 mois. Il n'y a pas de différence significative entre ce sous-groupe et le reste de la population en terme de genre (p=1), latéralité (p=0,733) et caractère uni ou bilatéral (p=0,143). Il y a eu significativement plus de réinterventions chez les enfants opérés avant l'âge de 6 mois (3 réinterventions soit 33,3%) que chez les enfants opérés après l'âge de 6 mois (6 réinterventions dans le groupe plus âgé soit 9%) (p=0,015).

Concernant la vitrectomie peropératoire, il n'y en a pas eu dans le groupe opéré avant 6 mois (0%) contre 10,6% dans le groupe opéré après 6 mois (p=0,598).

### (4) Suivi de plus de 5 ans

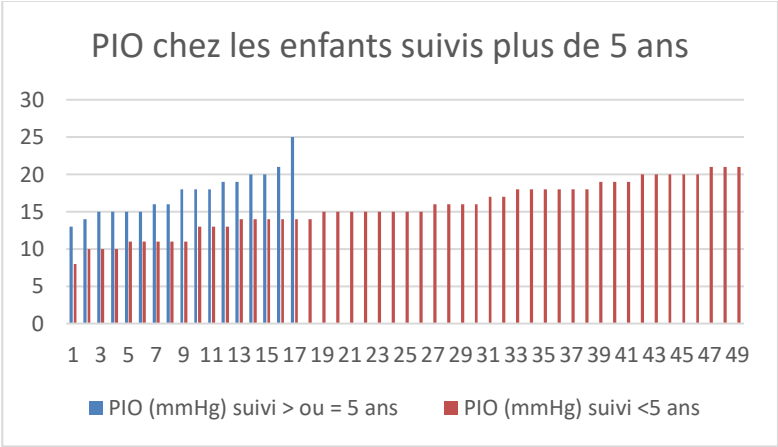
Nous rapportons pour information les résultats des enfants implantés BIL avec un suivi de plus de 5 ans sur un faible effectif. Une étude comparative au groupe d'enfants implantés dans le sac avec ce même suivi de plus de 5 ans est en cours de publication par le Dr LUX.

17 enfants ont eu un suivi ophtalmologique d'une durée égale ou supérieure à 5 ans. Leur acuité visuelle est à 0,765 soit 0,20LogMar, contre 0,704 (0,25LogMar) dans le groupe suivi inférieur à 5 ans (graphique 11) ; Il n'y a pas de différence significative (p=0,514).




*Graphique 11 : AV pré et postopératoires chez les enfants ayant un suivi > 5 ans et le reste de la série*

La PIO est significativement plus élevée dans le groupe suivi à plus de 5 ans de la chirurgie : 17,4 mmHg versus 15,5 (p=0,044) (graphique 12).




*Graphique 12 : PIO postopératoire chez les enfants dont le suivi est > 5 ans*

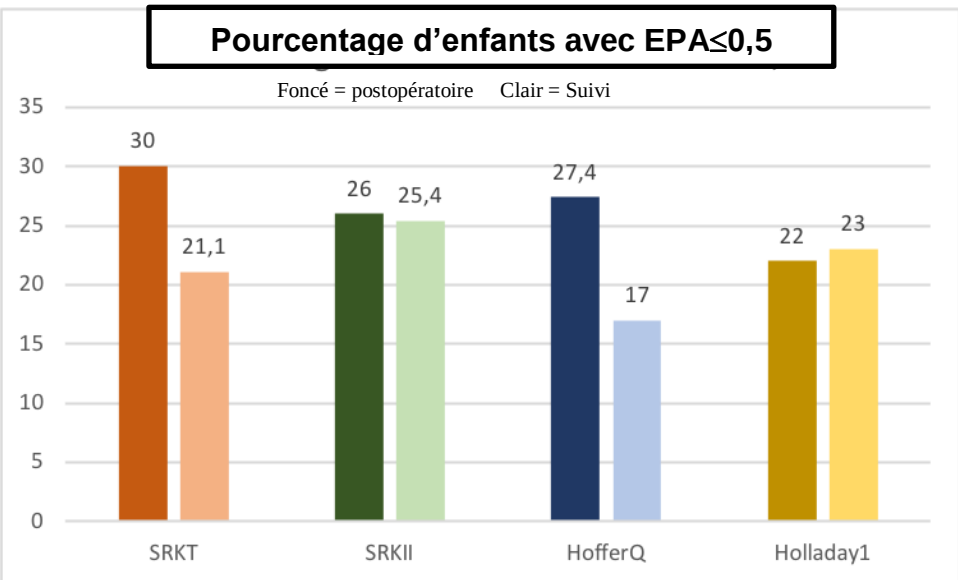
Il n'y a pas plus de réintervention au cours du suivi : 3 réinterventions dans le groupe suivi ≥ 5 ans (17,6%) contre 7 réinterventions dans le groupe < 5 ans (11,9%) (p=0,684). Le délai moyen de réintervention est de 1,27 an.

## 7. Prédictibilité du calcul de la puissance d'implant

Le calcul de prédictibilité a été effectué sur 62 yeux, le reste des données étant manquantes. Pour rappel, la prédictibilité du calcul d'implant est considérée bonne quand l'EPA est inférieure ou égale à 0,5D, correcte entre 0,5D et 1D, mauvaise si elle est supérieure ou égale à 1 dioptrie. 4 formules ont été étudiés : SRKT, SRKII, HofferQ et Holladay1.

L'erreur prédictive moyenne en valeur absolue en postopératoire était de 0,9 pour la formule SRKT/T, 0,39 pour la formule SRKII, 1,5 pour la formule HofferQ et 1,03 pour la formule Holladay1. Le graphique 13 représente les pourcentages d'enfants avec une erreur prédictive absolue inférieure ou égale à 0,5 (EPA ≤ 0,5) en postopératoire immédiat selon la formule utilisée soit 30% pour la formule SRKT, 26% pour la formule SRKII, 27,4% pour la formule HofferQ et 22% pour la formule Holladay1.

Lors du suivi, 21,1% des enfants avaient un EPA≤ 0,5 avec la formule SRKT, 25,4% avec la formule SRKII, 17% avec la formule HofferQ et 23% avec la formule Holladay1.




*Graphique 13 : EPA≤0,5 en fonction des formules de calcul d'implant*

La formule SRKII permettait d'obtenir la meilleure prédictibilité dans le calcul d'implant (p=0,502, test t) suivie de la formule SRKT (p=0,359), puis Holladay1 (P=0,127) et Hoffer Q.

Nous nous focaliserons sur les deux formules SKRT et SRKII dans la suite des résultats.

Nous avons déterminé les facteurs protecteurs (Odds ratio ou OR inférieur à 1) d'une mauvaise prédiction dans les calculs d'implants (Tableau 3). Nous avons analysé l'âge préopératoire, la longueur axiale et la kératométrie moyenne chez les enfants ayant eu une erreur prédictive absolue supérieure à 1 dioptrie avec les formules SRT et SRKII.

En analyse univariée, l'âge préopératoire et la longueur axiale sont revenus statistiquement significatifs et donc facteurs protecteurs. Avec la formule SRKT, plus l'âge augmente, plus le risque d'erreur réfractive diminue (OR= 0,879, IC95% [0,788 – 0,980], p=0,020), comme avec la formule SRKII (OR= 0,870, IC95% [0,778 – 0,973], p=0,015).

De même, la longueur axiale apparait un facteur de protection plus fort que l'âge opératoire. Le risque d'erreur réfractive postopératoire est 30% plus faible quand la longueur axiale est grande avec la formule SRKT (OR=0,671, IC95% [0,507 – 0,889], p=0,005) et la formule SRKII (OR= 0,699, IC95% [0,535 – 0,912], p=0,008).

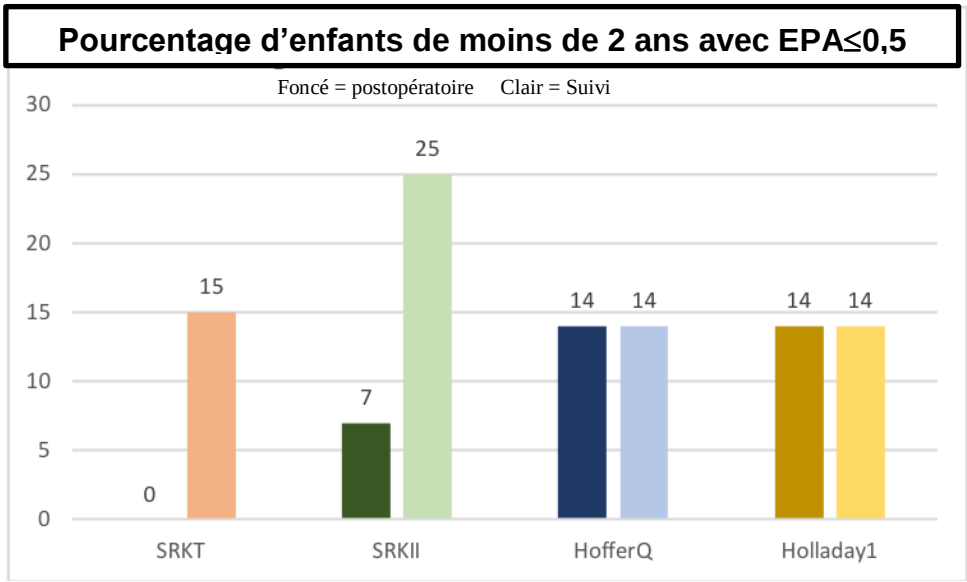
La kératométrie moyenne n'apparait pas comme un facteur significatif (IC95% comprenant 1).

En analyse multivariée, seule la longueur axiale reste un facteur de protection d'un moindre risque d'erreur réfractif avec OR= 0,671, IC95% [0,507 – 0,889], p=0,05 avec la formule SRKT et OR= 0,699, IC95% [0,535 – 0,912], p=0,008 avec la formule SRKII.

| **Analyse univariée** | | OR | IC95% | p |
|---|---|---|---|---|
| Age préopératoire | Formule SRKT | *0,879* | *[0,788 – 0,980]* | *0,020* |
| | Formule SRKII | *0,870* | *[0,778 – 0,973]* | *0,015* |
| Longueur axiale | Formule SRKT | *0,671* | *[0,507 – 0,889]* | *0,005* |
| | Formule SRKII | *0,699* | *[0,535 – 0,912]* | *0,008* |
| Kératométrie moyenne | Formule SRKT | *0,985* | *[0,880 – 1,102]* | *0,790* |
| | Formule SRKII | *0,963* | *[0,856 – 1,083]* | *0,530* |
| **Analyse multivariée** | | OR | IC95% | p |
| Age préopératoire | Formule SRKT | *0,957* | *[0,837 – 1,094]* | *0,522* |
| | Formule SRKII | *0,934* | *[0,816 – 1,068]* | *0,317* |
| Longueur axiale | Formule SRKT | *0,671* | *[0,507 – 0,889]* | *0,005* |
| | Formule SRKII | *0,699* | *[0,535 – 0,912]* | *0,008* |

*Tableau 3 : régression logistique univariée (en haut) et multivariée (en bas) permettant de déterminer OR (Odds Ration), IC95% (Intervalle de confiance à 95%) et le degré de signification (p) des facteurs protecteurs*

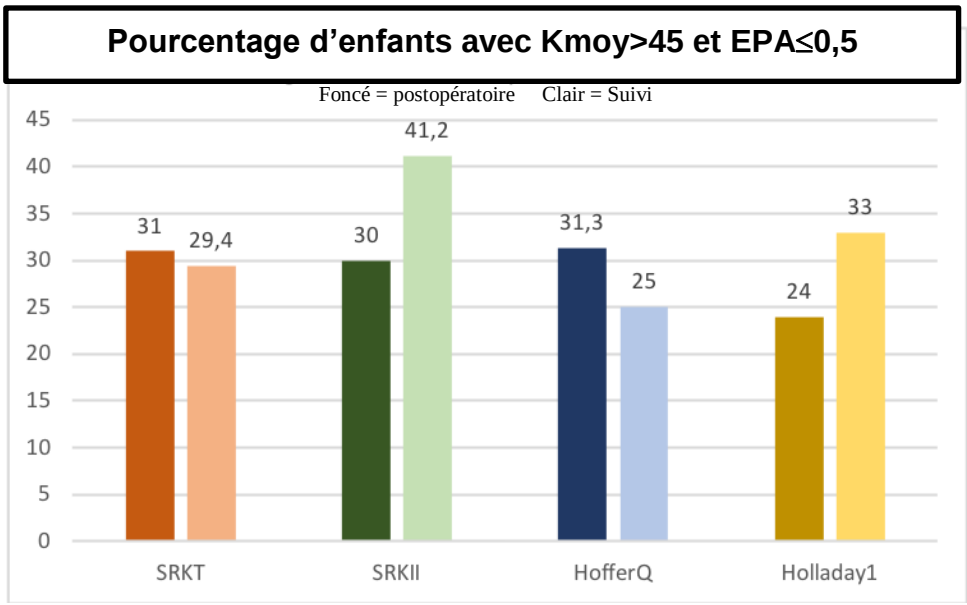
Chez les enfants de moins de 2 ans, le graphique 14 représente les pourcentages d'enfants avec une erreur prédictive absolue inférieure ou égale à 0,5 (EPA ≤ 0,5) en postopératoire immédiat selon la formule utilisée soit 0% pour la formule SRKT, 7% pour la formule SRKII, 14% pour la formule HofferQ et 14% pour la formule Holladay1. Lors du suivi, 15% des enfants avaient un EPA≤ 0,5 avec la formule SRKT, 25% avec la formule SRKII, 14% avec la formule HofferQ et 14% avec la formule Holladay1.




*Graphique 14 : EPA ≤0,5 chez les enfants de moins de 2 ans*

Chez les enfants ayant une longueur axiale inférieure à 18 mm, aucune formule ne permet d'avoir une erreur prédictive absolue inférieure à 0,5D ni en postopératoire immédiat ni dans le suivi.

Chez les enfants ayant une kératométrie supérieure à 45, le graphique 15 représente les pourcentages d'enfants avec une erreur prédictive absolue inférieure ou égale à 0,5 (EPA ≤ 0,5) en postopératoire immédiat selon la formule utilisée soit 31% pour la formule SRKT, 30% pour la formule SRKII, 31,3% pour la formule HofferQ et 24% pour la formule Holladay1. Lors du suivi, 29,4% des enfants avaient un EPA≤ 0,5 avec la formule SRKT, 41,2% avec la formule SRKII, 25% avec la formule HofferQ et 33% avec la formule Holladay1.




*Graphique 15 : EPA≤0,5 chez les enfants avec Kmoy>45*

Nous nous sommes intéressés au groupe ayant eu une erreur prédictive absolue ≤ 0,5D. Ce groupe est plus âgé de manière statistiquement significative : 7,5 ans dans le groupe EPA ≤0,5 versus 5 ans dans le groupe EPA>0,5D (p=0,087). Ils ont tendance à avoir une longueur axiale plus élevée : 22,18 versus 21,03 (p=0,096) et une kératométrie plus faible : 42,5 contre 43,1 (p=0,657).

L'analyse montre que la longueur axiale est inversement corrélée à l'EPA : plus la longueur axiale est faible, plus l'EPA augmente et donc moins les calculs d'implant sont bons. L'âge et la kératométrie sont des indicateurs indépendants.

Nous avons formé le groupe « facteur négatif » correspondant aux enfants ayant au moins 1 des critères suivants :

- Moins de 2 ans
- Longueur axiale inférieure à 18 mm
- Kératométrie supérieure à 45

34 yeux appartenaient au groupe Facteur négatif sur les 62 yeux (54,8%).

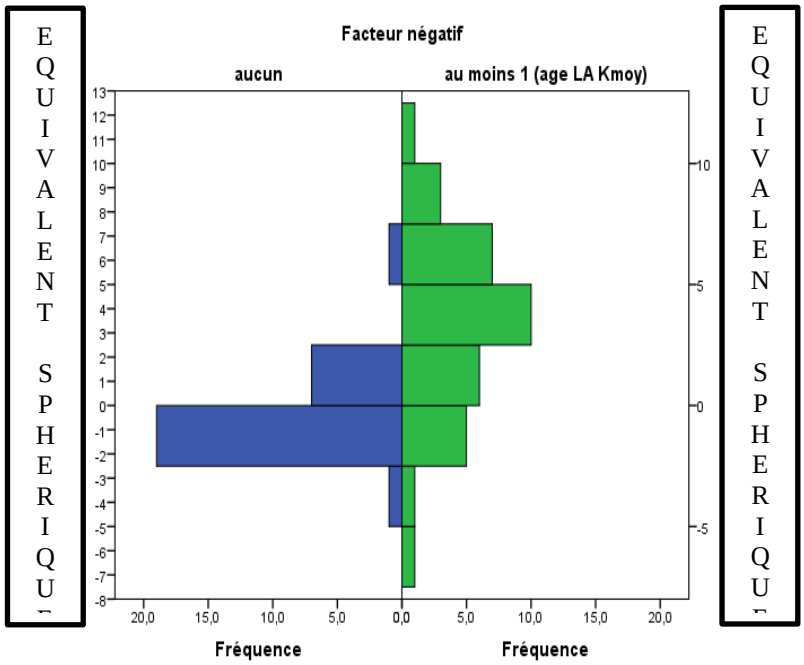
A l'aide d'un test du Khi deux nous avons comparé l'EPA de ce groupe facteur négatif au groupe contrôle pour chaque formule en postopératoire immédiat et dans le suivi.

En postopératoire immédiat, 75% de ceux qui ont un EPA≤ 0,5 n'ont pas de facteur négatif contre 34,8% qui en ont (p=0 ,08) pour les formules SRKT et SRKII (résultats identiques). Dans le suivi, 53,3 % de ceux qui ont un EPA ≤ 0,5 n'avaient

pas de facteur négatif contre 50,9% (p=1) pour la formule SRKT, et respectivement 38,9% contre 55,8 % pour la formule SRKII (p=0,278).

Chez les enfants appartenant au groupe facteur négatif, l'équivalent sphérique en postopératoire immédiat est de 3,22 en moyenne, contre -0,25 dans le groupe contrôle. Sur le graphique 16 sont représentés les équivalents sphériques en postopératoire immédiat chez les deux groupes :

- Dans le groupe négatif, on observe des valeurs plus étalées respectant la courbe de Gauss.
- Dans le groupe contrôle, 73,3% ont une erreur prédictive absolue comprise entre -1 et +1 dioptrie.




*Graphique 16 : Équivalent sphérique en fonction de la présence de facteurs négatifs ou non*

# IV. Discussion

Notre étude est la première grande série rétrospective française évaluant les résultats au long cours de l'implantation BIL dans la chirurgie de la cataracte des enfants.

Nos résultats confirment que la technique d'implantation BIL dans la chirurgie de la cataracte pédiatrique permet de **réduire le taux de réintervention** grâce à un moindre nombre de complications postopératoires. En effet, dans notre série 9 réinterventions ont eu lieu sur 76 opérations initiales (11,84%). Chez les 17 enfants suivis pendant plus de 5 ans, seuls 3 enfants ont nécessité une reprise chirurgicale (17,6%). Parmi les cataractes unilatérales, 7 reprises chirurgicales ont eu lieu sur les 46 yeux (15,2%). Il n'y a pas de différence significative dans le taux de réintervention chez les enfants opérés avant l'âge d'un an (p=0,217). Par contre, les enfants opérés avant l'âge de 6 mois avaient significativement plus recours à une chirurgie complémentaire (3 yeux réopérés sur 9 soit 33,3%, p=0,015), ce qui peut être expliqué par la difficulté de réalisation des capsulorhexis plus l'œil est petit. Dans les 3 cas, l'implant BIL était mal janté sur le rhexis postérieur, responsable d'une cataracte secondaire. Aucune chirurgie filtrante n'a eu lieu. Une seule reprise chirurgicale a été nécessaire.

L'essai clinique IATS (Infant Aphakia Treatment Study) multicentrique randomisé montre que l'incidence des complications ayant nécessité une seconde intervention était de 63% chez les enfants opérés de cataracte unilatérale avant l'âge de 6 mois. La première cause de chirurgie additionnelle était la cataracte secondaire puis venait ensuite la chirurgie du glaucome[59]. Wilson trouve un taux de reprise chirurgicale à 25% lors du suivi à 2 ans[60].

Lambert décrit 83% de réintervention dans son groupe avec implantation primaire dans les cataractes unilatérales avec un suivi moyen de 18 mois. En effet, 10 patients sur les 12 ont été réopérés : 6 pour une cataracte secondaire, 2 pour un glaucome, 2 pour un strabisme[61].

L'équipe de Sachdeva a publié une série rétrospective portant sur 814 yeux dont 570 pseudophaques avec un recul moyen de 4,8 ans. L'âge médian des enfants

au moment de la première intervention était de 6 mois. Ils ont bénéficié d'une phacoaspiration sans (pour 244 yeux) ou avec implantation (pour 570 yeux) en chambre postérieure associée à une capsulotomie postérieure et une vitrectomie antérieure. Cette étude objectivait un taux de réintervention plus faible que le nôtre, estimé à 4,9% chez les enfants pseudophaques. Mais dans cette série, les enfants ayant une cataracte traumatique, uvéitique ou ayant bénéficié de toute autre chirurgie précédente ont été exclus. 53% des reprises chirurgicales étaient liées à une cataracte secondaire. Les complications nécessitant un geste chirurgical associé étaient significativement plus élevées dans le groupe des enfants opérés avant l'âge de 1 an[62].

Concernant l'implantation BIL, nos résultats sont en accord avec ceux trouvés dans la thèse du Dr Nieuwjaer où, après un suivi moyen de 2,2 ans dans ce groupe, le taux de réintervention était significativement plus faible dans le groupe BIL (11,11%), avec un maximum de 2 chirurgies, comparativement au groupe contrôle ayant bénéficié d'une implantation dans le sac avec capsulotomie postérieure et vitrectomie antérieure (28,85% avec un suivi plus long de 7,74 ans).

Les avancées des techniques de microchirurgie et la prise en charge de l'amblyopie ont amélioré la sécurité et l'efficacité du traitement de la cataracte pédiatrique. Cependant, la forte prévalence des complications postopératoires sur des yeux en pleine croissance et chez des enfants présentant une réaction inflammatoire importante restent un défi.

La complication la plus fréquente dans la cataracte pédiatrique est l'apparition d'une **opacification capsulaire postérieure**, également appelée cataracte secondaire.

Dans notre étude, **94,8% des enfants ont gardé un axe visuel clair au cours de notre suivi moyen de 3,27 ans**. Seuls 4 cas (5,2%) de cataractes secondaires sont apparus. Une seule reprise chirurgicale a été nécessaire pour chaque enfant. Dans les 4 cas, l'implant BIL était mal positionné dans le rhexis postérieur, ne permettant pas la fusion des deux capsules. Parmi ces 4 yeux, 3 avaient moins de 3

mois au moment de la chirurgie et le rhexis postérieur était trop grand. Quand l'implant BIL était correctement positionné, aucune cataracte secondaire n'est apparue.

Dans la littérature, la prévalence de la cataracte secondaire varie de 10 à 100% en fonction des techniques chirurgicales étudiées. Si la capsule postérieure reste intacte, on note 100% de cataracte secondaire, comme dans l'étude de Vasavada[56] et 95,8% dans l'étude de Knight[57].

L'ajout d'une ouverture de la capsule postérieure associée à une vitrectomie antérieure a permis d'abaisser le taux de cataracte secondaire. Cette technique chirurgicale est dorénavant le gold standard européen[63].

Le taux de cataracte secondaire est estimé à 15,6% dans l'étude de Ram[9], 10,8% dans l'étude prospective de Vasavada[7], allant jusqu'à un taux de 70% rapporté par Lundvall et son équipe en 2006[27]. Astle présente en 2009 les résultats de son étude rétrospective avec 22,7% d'opacification secondaire ayant nécessité une reprise chirurgicale, et 70% de cataracte secondaire chez les enfants opérés avant l'âge de 1 an[64].

La capture de l'optique, c'est-à-dire la bascule de l'optique en arrière d'un capsulorhexis postérieur continu, est geste additionnel comparable en terme de complications postopératoires[32] qui diminuerait la prolifération capsulaire[33].

Nos résultats sont comparables à ceux publiés par l'équipe du Professeur Tassignon en 2015 qui trouvait 91,3% d'axe visuel clair lors de son suivi à 5 ans[65]. Plus récemment, une équipe suédoise notait 95,4% d'axe visuel clair lors du suivi à 2,8 ans. Elle a dénombré 5 cas de cataractes secondaires sur la série de 109 yeux étudiés[12]. De même, l'équipe de Tours, qui pose des implants BIL depuis 3 ans, a fait part de 8,3% de cataracte secondaire dans la thèse du Dr Sophie Nieuwjaer.

Ces résultats satisfaisants s'expliquent par la nouvelle géométrie de l'implant BIL et son mode de fixation. L'implant BIL bloque les deux rhexis dans son sillon et les deux capsules, antérieure et postérieure, fusionnent tout autour formant une nouvelle barrière à la prolifération capsulaire. En effet, c'est la superposition parfaite des deux rhexis sur 360° qui permet d'annuler le risque de cataracte secondaire. Les cellules épithéliales équatoriales sont bloquées mécaniquement permettant une moindre inflammation et d'opacification capsulaire postérieure.

L'implant BIL est constitué d'un matériau hydrophile, pouvant majorer le risque d'opacification secondaire[44], mais qui ne survient pas grâce à la géométrie et au mode de fixation de cet implant. L'intérêt de ces matériaux hydrophiles est leur meilleur biocompatibilité et leur caractère moins proinflammatoire[66].

Lin a publié dans Nature en 2016[67] un nouvel essai où le cristallin cataracté est retiré en préservant les cellules souches présentes sur la capsule antérieure pour régénérer un cristallin clair avec un délai de 3 mois, permettant de garder l'accommodation. A ce jour, aucune autre étude n'a validé ces résultats. Il n'est pas expliqué comment est possible la rééducation de l'amblyopie pendant ces 3 mois « aphaque » ni comment est contrôlée la croissance du nouveau cristallin.

Il est habituel après une chirurgie de cataracte du nourrisson d'observer une **réaction inflammatoire oculaire majeure** pouvant aller jusqu'à la constitution d'une membrane cyclitique. Certaines publications ont comparé l'efficacité des différentes formes galéniques d'anti-inflammatoire. Ventura[68] a montré que les résultats à 1 an était comparables en terme d'inflammation entre l'utilisation de Prednisone orale ou d'injection intracamérulaire de Triamcinolone®. L'injection intracamérulaire de Triamcinolone® est un traitement complémentaire aux collyres anti-inflammatoires sans danger et efficace[69]. Avec la technique BIL, nous n'avons jamais constaté ce type d'inflammation.

Dans notre étude, seul un enfant a dû reprendre un traitement anti-inflammatoire additionnel au traitement postopératoire habituellement (3 applications de Dexafree® pendant 1 mois) prescrit suite à une récidive d'inflammation en chambre antérieure. Cet enfant est habituellement suivi pour une maladie de Still ou arthrite juvénile. Nous n'avons pas constaté de synéchies iridocristalliniennes ou postérieures, de fibrose du sac (capsulophimosis) ni de décentrement de l'implant. Il n'y a eu aucun cas d'œdème maculaire cystoïde postopératoire.

Sachdeva retrouve avec la technique gold standard 30,8% d'uvéite postopératoire malgré un traitement corticoïde prescrit à 12 instillations par jour pendant 6 semaines[62].

Nos résultats sont compatibles avec notre constatation subjective d'une moindre inflammation postopératoire. Il serait très intéressant de mettre en place une étude avec mesure objective de l'inflammation en chambre antérieure par Laser Flare [70].

Cette moindre inflammation est multifactorielle et peut s'expliquer par le blocage des cellules épithéliales entre les deux capsules[71], l'absence de friction du corps ciliaire ou de l'iris par les haptiques, l'absence d'ouverture de la membrane hyaloïde antérieure, l'absence de vitrectomie antérieure et la composition hydrophile de l'implant.

Ces résultats sont concordants avec le travail du Docteur AUCHERE montrant que l'utilisation de la technique d'implantation Bag-In-the-Lens lors des chirurgies combinées de type phacovitrectomie permet une diminution significative de la survenue de synéchies postérieures de l'iris postopératoire.

Nous notons un seul cas d'hypertonie sans signe de glaucome évolutif (traité par Brimonidine®) chez un enfant présentant un syndrome de Stickler et ayant bénéficié d'une vitrectomie postérieure pour décollement de rétine avec tamponnement par Silicone. L'origine secondaire directement en lien avec l'implantation BIL est discutable, pouvant être liée à la vitrectomie postérieure et au tamponnement. Aucun cas de glaucome secondaire n'est à dénombrer dans notre série si nous excluons ce patient. A ce jour, aucun enfant n'a de traitement hypotonisant ou n'a eu recours à une chirurgie filtrante. Toutefois, notre suivi moyen n'est que de 3,27 ans.

Le **glaucome secondaire** à la chirurgie de la cataracte de l'enfant est une des complications les plus redoutées. Toutes les études démontrent sa fréquence de survenue. Freedman rapporte 17% de risque de développer un glaucome secondaire chez les enfants âgés de 1 à 6 mois avec un suivi de 5 ans après la chirurgie de la cataracte[50], 17% également pour Mataftsi avec un suivi à 4,3 ans[72]. Magnusson rapporte 12% de glaucome chez les enfants suédois suivis pendant 9,7 ans[73].

Nos résultats sont concordants avec les équipes utilisant l'implantation BIL, comme à Anvers avec 1 cas de glaucome sur 46 yeux (2,2%) et à Tours avec 2 cas de glaucome bilatéral sur 27 yeux. De manière surprenante, l'équipe Suédoise de

Nyström a répertorié 13,8% de glaucome (15 cas pour 109 yeux) lors d'un suivi de 2,9 ans. 7 yeux recevaient un traitement hypotonisant médical (46.7% des yeux avec un glaucome) et les autres enfants (10) ont bénéficié d'une chirurgie filtrante. De plus, 5 yeux sans glaucome recevaient un traitement hypotonisant (4,6%). Le glaucome était défini dans cette étude par une pression oculaire élevée persistante avec un des signes suivants : œdème cornéen, buphtalmie, myopie axile, excavation papillaire. Leur taux de vitrectomie antérieure associée à l'implantation BIL n'est pas précisé, pouvant biaiser le résultat. Ils précisent avoir eu 3 cas d'embryotoxons et 2 cas d'ectropions uvéaux pouvant, à part entière, être responsables d'anomalies pressionnelles. Enfin, ils utilisaient en fin d'intervention une injection anti-inflammatoire de 0,5 à 2 mg de Bétaméthasone® ayant une action prolongée.

En elle-même, l'implantation primaire dans le sac semble un facteur protecteur vis-à-vis du glaucome secondaire après chirurgie de la cataracte. On retrouve de manière significative plus de glaucome chez les enfants laissés aphaques[72]. L'implantation permettrait de garder une barrière entre les segments antérieur et postérieur de l'œil. Le vitré ne viendrait plus au contact du trabéculum.

Les implants de sulcus, par leur action mécanique, pourraient abimer l'angle iridocornéen et provoquer un glaucome. Les anti-inflammatoires au long cours peuvent aussi induire une part cortisonique au glaucome. La définition de glaucome et de patient suspect de glaucome tient compte de l'arrêt des traitements à base de corticostéroïdes[50].

A l'inverse, l'implant BIL a un emplacement quasi physiologique dans l'œil, janté sur les deux capsules antérieure et postérieure accolées, séparant le segment antérieur et postérieur. Il n'y a pas de vitrectomie antérieure systématique. La réaction inflammatoire étant moindre, nous avons peu recours aux corticoïdes, ou sur de courtes périodes. Cela pourrait expliquer le taux diminué de glaucome secondaire.

Cette nouvelle technique crée une complication spécifique du fait de la géométrie de l'implant. Il s'agit de la **capture irienne**. En effet, au moment où l'iris se resserre, il peut passer sous une des haptiques. Cette complication n'entraine pas de retentissement fonctionnel mais ovalise la pupille donnant un aspect « œil de chat ».



*Figure 35 : Capture irienne, photo Dr Billotte*

Cette complication est évitée en postopératoire immédiat en injectant en fin d'intervention un agent myotique. Les deux cas que nous avons évoqués dans notre série sont apparus à distance, sans explication retrouvée par les parents. La dilatation pupillaire peut lever la capture dans certain cas. Dans le cas contraire, une reprise chirurgicale est nécessaire.

Nous avons eu un cas de **luxation d'implant** pour le deuxième enfant opéré car nous utilisions des anneaux de calibrage de 5 mm de diamètre. Chez l'enfant, du fait d'une grande élasticité capsulaire, nous utilisons depuis un anneau de 4,5mm permettant au final d'obtenir un capsulorhexis antérieur calibré de 5mm de diamètre.

En dehors du cas de **décollement de rétine** s'intégrant dans le syndrome de Stickler, un autre cas de décollement est à dénombrer ayant nécessité une cryoindentation (1,6%). Cet enfant présentait une longueur axiale élevée constituant un facteur de risque (longueur axiale > 25). Cette complication n'a pas été retrouvée par les équipes du Pr Tassignon ou Dr Nieuwjaer ou Dr Nyström. L'incidence du décollement de rétine post phacoémulsification avec implantation BIL chez l'adulte est estimé à 1,3% et est concordant avec notre résultat[74].

Dans les techniques d'implantation classique dans le sac, l'incidence du décollement de rétine est estimé à 2,5% à 5 ans[75] et de 3 à 10% chez les enfants laissés aphaques[76].

Le caractère hydrophile de l'implant BIL peut favoriser l'apparition de dépôt calcique avec **opacification de l'implant BIL** en lui-même. Pr Tassignon a eu un cas chez l'adulte nécessitant une explantation avec pose d'un nouveau BIL[77]. L'équipe du Dr Nyström a dû faire face à cette complication chez 1 enfant. Aucun cas n'est à déplorer dans notre série.

L'implant BIL a pu être implanté chez 76 yeux des 84 prévus initialement (90,5%). La difficulté réside dans la réalisation des deux capsulorhexis antérieur et postérieur continus, calibrés et de même diamètre.

Dans notre centre, 3 opérateurs différents l'utilisent. Jusqu'à l'injection de l'implant en chambre antérieure, il est possible de revenir à une technique d'implantation classique.

Pour le moment, les deux capsulorhexis sont faits manuellement à la pince, mais l'arrivée du laser femtosecond rapporté dans l'étude de Dick en 2013[78] pourrait aider les chirurgiens à leur réalisation dans l'avenir.

En terme de **résultats réfractifs**, l'équivalent sphérique moyen était de -0,36 +/-2,88 D dans notre série, comparables aux résultats suédois et tourangeaux objectivant respectivement -0,3 +/- 2,8 D et -0,30+/-4,33 D. En calculant les deltas entre l'équivalent sphérique au cours du dernier examen et en postopératoire immédiat, on remarque une myopisation au fur et à mesure des années (delta moyen de -1,8 D). Des sous corrections dans les puissances d'implant sont appliquées pour l'éviter mais la croissance de l'œil n'est pas toujours prévisible. Ainsi, Van Looveren, ayant un suivi de plus de 5 ans dans son étude, trouve un équivalent sphérique moyen myopique avec en moyenne -1,9 D +/- 3,7. Il retrouve 52% des enfants ayant un équivalent sphérique compris entre -2 et +2 sur un suivi de 5 ans. Dans notre étude, 52 yeux avaient un équivalent sphérique compris entre -2 et +2 (soit 68,4%) avec un suivi moyen de 3,2 ans.

En terme de **résultats fonctionnels**, 80,9% de la totalité des enfants opérés dans notre étude ont une acuité visuelle supérieure ou égale à 5/10$^{ème}$, 83,3% dans le groupe des cataractes bilatérales pris à part et 79,5% dans le groupe des cataractes

unilatérales. 33,8 % des enfants atteignent 10/10ème, 50% dans le groupe des cataractes bilatérales et 24,4% dans le groupe unilatéral.

Nos résultats fonctionnels sont proches de ceux retrouvés dans les études avec BIL précédentes. Van Looveren retrouvait dans le groupe bilatéral 86,7% des enfants ayant plus de 5/10ème, et 56,7% atteignaient 10/10ème. Dans le groupe unilatéral, 31,1% des enfants avaient plus de 5/10ème et aucun enfant opéré de cataracte unilatérale obtenait 10/10ème. Nyström avait 48,5% des enfants qui avaient plus de 5/10ème.

Nous savons que ces résultats fonctionnels sont aussi principalement dus à une bonne rééducation de l'amblyopie. Le faible taux de réintervention pourrait être un facteur de motivation des parents à l'observance du port du cache, notamment dans les cataractes unilatérales.

Les formules de calcul des puissances d'implants sont validées chez l'adulte et utilisées par défaut chez l'enfant.

Dans notre étude, la formule SKRII permettait de limiter les erreurs prédictives dans les calculs d'implants.

Nos résultats confirment que pour les enfants âgés de moins de 2 ans ou ayant une longueur axiale inférieure à 18 mm, les calculs sont plus difficiles. La kératométrie n'est pas retrouvée comme un facteur influençant l'erreur prédictive

Dans notre sous-groupe « facteurs négatifs » composé des enfants opérés de moins de 2 ans, ou ayant une longueur axiale inférieure à 18 mm ou une kératométrie supérieure à 45, nous avons eu de mauvaises surprises dans les réfractions postopératoires avec une répartition aléatoire des équivalents sphériques selon une courbe de Gauss.

Un des avantages des BIL est la possibilité de changer l'implant. En effet, dans la technique BIL, les deux rhexis vont fibroser formant une couronne. Il est alors possible de déjanter le BIL inadapté (pour myopisation trop importante par exemple) et de le remplacer par un BIL de puissance adaptée.

Cette étude a inclus tous types de cataracte pédiatrique, notamment traumatiques, uvéitiques et les enfants ayants déjà eu une autre intervention. Il s'agit de la plus grande série rétrospective française et avec le plus grand recul concernant les BIL. De plus, les interventions étaient réalisées par plusieurs chirurgiens. Nos résultats confirment ceux obtenus par Pr Tassignon et Dr Nyström en Suède.

Ainsi, à Caen, la technique d'implantation BIL est la technique préférentielle utilisée dans la chirurgie de la cataracte pédiatrique. La technique d'implantation classique est si rarement utilisée que cela ne nous permet plus de constituer un groupe contrôle.

# V. Conclusion

La chirurgie de la cataracte de l'enfant avec implant BIL réduit considérablement le taux de réintervention grâce à un nombre moins important de complications postopératoires.

La prévalence de la cataracte secondaire tend à se rapprocher de 0% si les deux capsulorhexis sont bien calibrés et l'implant BIL bien positionné dans les deux capsules. Cette étape chirurgicale est cruciale car elle explique la diminution d'opacification secondaire, mais également la très nette diminution de l'inflammation postopératoire et de glaucome secondaire.

Ainsi, avec la technique BIL et l'appareil Icare® de prise de tension oculaire, le nombre d'anesthésies générales post phacoaspiration est proche de zéro, facilitant la prise en charge au long cours de ces jeunes patients. Pour tous les arguments évoqués, cette technique semble adaptée à la chirurgie de cataracte humanitaire dans les pays sous-développés par sa sureté et son efficacité au long cours.

## VI. Bibliographie


1. Taylor D. The Doyne Lecture. Congenital cataract: The history, the nature and the practice. *Eye*. 1998;12(1):9-36. doi:10.1038/eye.1998.5

2. Bourne RRAA, Stevens GA, White RA, et al. Causes of vision loss worldwide, 1990-2010: a systematic analysis. *Lancet Glob Heal*. 2013;1(6):e339-49. doi:10.1016/S2214-109X(13)70113-X

3. Foster A, Gilbert C. Cataract in children. *Acta Paediatr Int J Paediatr*. 2003;92(12):1376-1378. doi:10.1080/08035250310007556

4. Péchereau A, Paire V, Raffin L, Tessier H, Lebranchu P. Traitement de l'amblyopie des cataractes unilatérales et bilatérales avec résultats en termes d'acuité visuelle. *J Fr Ophtalmol*. 2011;34(3):208-212. doi:10.1016/j.jfo.2011.01.009

5. Vasavada A, Chauhan H. Intraocular lens implantation in infants with congenital cataracts. *J Cataract Refract Surg*. 1994;20(6):592-598. doi:10.1016/S0886-3350(13)80644-X

6. Thouvenin D. Prise en charge des cataractes de l'enfant : techniques chirurgicales et choix de l'implant. *J Fr Ophtalmol*. 2011;34(3):198-202. doi:10.1016/j.jfo.2011.01.003

7. Vasavada AR, Trivedi RH, Nath VC. Visual axis opacification after AcrySof intraocular lens implantation in children. *J Cataract Refract Surg*. 2004;30(5):1073-1081. doi:10.1016/j.jcrs.2003.08.020

8. Müllner-Eidenböck A, Amon M, Moser E, et al. Morphological and functional results of AcrySof intraocular lens implantation in children: Prospective randomized study of age-related surgical management. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(2):285-293. doi:10.1016/S0886-3350(02)01532-8

9. Ram J, Brar GS, Kaushik S, Gupta A, Gupta A. Role of posterior capsulotomy with vitrectomy and intraocular lens design and material in reducing posterior capsule opacification after pediatric cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(8):1579-1584. doi:10.1016/S0886-3350(03)00231-1

10. Tassignon MJ, Gobin L, Mathysen D, Van Looveren J, De Groot V. Clinical outcomes of cataract surgery after bag-in-the-lens intraocular lens implantation following ISO standard 11979-7:2006. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(12):2120-2129. doi:10.1016/j.jcrs.2011.06.025

11. Tassignon MJ, De Veuster I, Godts D, Kosec D, Van den Dooren K, Gobin L. Bag-in-the-lens intraocular lens implantation in the pediatric eye. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33(4):611-617. doi:10.1016/j.jcrs.2006.12.016

12. Nyström A, Almarzouki N, Magnusson G, Zetterberg M. Phacoemulsification and primary implantation with bag-in-the-lens intraocular lens in children with unilateral and bilateral cataract. *Acta Ophthalmol*. 2018;96(4):364-370. doi:10.1111/aos.13626

13. Brémond-Gignac D, Copin H, Laroche L, Milazzo S. Cristallin et zonule : anatomie et embryologie. *EMC - Ophtalmol*. 2012;9(3):1-11. doi:10.1016/S0246-0343(12)55708-4

14. Apple D, Solomon KD, Tetz MR, et al. MAJOR REVIEW Posterior Capsule Opacification. *Surv Ophthalmol*. 1992;37(2).

15. Denis D, Bùi Quôc E, Aziz A, et al. *Ophtalmologie Pédiatrique : Rapport 2017*. https://www.em-consulte.com/e-complements/475022/ophtalmologie-pediatrique/table-des-matieres/#. Accessed January 3, 2019.

16. Offret H. Embryologie de l'œil et de ses annexes. EMC - Ophtalmologie 1988;1:0.

17. Beebe DC, Coats JM. The lens organizes the anterior segment: Specification of neural crest cell differentiation in the avian eye. *Dev Biol*. 2000;220(2):424-431. doi:10.1006/dbio.2000.9638

18. Denis D. *Ophtalmologie Pédiatrique: Rapport SFO*.; 2017. doi:10.1080/02626667.2013.839873

19. Scheie HG. Aspiration of congenital or soft cataracts: A new technique. *Am J Ophthalmol*. 1960;50(6):1048-1056. doi:10.1016/0002-9394(60)90991-0

20. Ghosh B, Gupta AK, Taneja S, Gupta A, Mazumdar S. Epilenticular lens implantation versus extracapsular cataract extraction and lens implantation in children. *J Cataract Refract Surg*. 1997;23(5):612-617. doi:10.1016/S0886-3350(97)80042-9

21. Binkhorst C. D., Gobin M. H. Congenital Cataract and Lens Implantation. *Ophthalmologica* 1972;397:392-397.

22. Flitcroft DI, Knight-Nanan D, Bowell R, Lanigan B, O'Keefe M. Intraocular lenses in children: Changes in axial length, corneal curvature, and refraction. *Br J Ophthalmol*. 1999;83(3):265-269. doi:10.1136/bjo.83.3.265

23. Dahan E, E. D. Intraocular lens implantation in children. *Curr Opin Ophthalmol*.

2000;11(1):51-55.

24. Wilson ME, Apple DJ, Bluestein ELC, Wang XH. Intraocular lenses for pediatric implantation: Biomaterials, designs, and sizing. *J Cataract Refract Surg*. 1994;20(6):584-591. doi:10.1016/S0886-3350(13)80643-8

25. Lambert SR, Fernandes A, Drews-Botsch C, Tigges M. Pseudophakia retards axial elongation in neonatal monkey eyes. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 1996;37(2):451-458.

26. Kugelberg U, Zetterstrom C, Lundgren B, Syren-Nordqvist S. Ocular growth in newborn rabbit eyes implanted with a poly(methyl methacrylate) or silicone intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*. 1997;23(5):629-634. doi:10.1016/S0886-3350(97)80045-4

27. Lundvall A, Zetterström C. Primary intraocular lens implantation in infants: Complications and visual results. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32(10):1672-1677. doi:10.1016/j.jcrs.2006.05.004

28. Infant T, Treatment A, Group S. The Infant Aphakia Treatment Study. *Assessment*. 2010;128(1):21-27.

29. Birch EE, Stager-fx DR. The Critical Period for Surgical Treatment of Dense Congenital Unilateral Cataract. 1996;37(8):1532-1538.

30. Keenan RL, Shapiro JH, Dawson K. Frequency of anesthetic cardiac arrests in infants: Effect of pediatric anesthesiologists. *J Clin Anesth*. 1991;3(6):433-437. doi:10.1016/0952-8180(91)90088-5

31. Parks MM. Posterior Lens Capsulectomy during Primary Cataract Surgery in Children. *Ophthalmology*. 1983;90(4):344-345. doi:10.1016/S0161-6420(83)34549-8

32. Vasavada AR, Vasavada V, Shah SK, et al. Postoperative outcomes of intraocular lens implantation in the bag versus posterior optic capture in pediatric cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2017;43(9):1177-1183. doi:10.1016/j.jcrs.2017.07.022

33. Gimbel H V. Posterior continuous curvilinear capsulorhexis and optic capture of the intraocular lens to prevent secondary opacification in pediatric cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 1997;23(5):652-656. doi:10.1016/S0886-3350(97)80049-1

34. Larsen JS. The sagittal growth of the eye: IV. Ultrasonic measurement of the axial length of the eye from birth to puberty. *Acta Ophthalmol*. 1971;49(6):873-886. doi:10.1111/j.1755-3768.1971.tb05939.x

35. Inagaki Y. The Rapid Change of Corneal Curvature in the Neonatal Period and Infancy. *Arch Ophthalmol*. 1986;104(7):1026-1027. doi:10.1001/archopht.1986.01050190084044

36. Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC. Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. *J Cataract Refract Surg*. 1990;16(3):333-340. doi:10.1016/S0886-3350(13)80705-5

37. McClatchey SK. Intraocular lens calculator for childhood cataract. *J Cataract Refract Surg*. 1998;24(8):1125-1129. doi:10.1016/S0886-3350(98)80108-9

38. Dahan E, Ophth M, Drusedau MUH. Choice of lens and dioptric power in pediatric pseudophakia. *J Cataract Refract Surg*. 1997;23(5):618-623. doi:10.1016/S0886-3350(97)80043-0

39. Meux PDL De, Zafad R, Arndt C, Caputo G, Meunier I, Edelson C. Implantation chez l'enfant avant l'âge d'un an. *J Fr Ophtalmol*. 2001;24(4):360-365.

40. Lesueur L, Arne J, Chapotot E. La prédictibilité du calcul de la puissance de l'implant dans le traitement de la cataracte chez l'enfant. 2013;(292681):209-212.

41. Depeyre C, Chapottot E, Arné JL, Thouvenin D. Cataractes congénitales unilatérales opérées précocement: Devenir réfractif à long terme. *J Fr Ophtalmol*. 2007;30(5):457-462. doi:10.1016/S0181-5512(07)89625-2

42. Weakley DR, Lynn MJ, Dubois L, et al. Myopic Shift 5 Years after Intraocular Lens Implantation in the Infant Aphakia Treatment Study. *Ophthalmology*. 2017;124(6):822-827. doi:10.1016/j.ophtha.2016.12.040

43. Kraus CL, Trivedi RH, Wilson ME. Intraocular lens exchange for high myopia in pseudophakic children. *Eye*. 2016;30(9):1199-1203. doi:10.1038/eye.2016.152

44. Ram J, Jain VK, Agarwal A, Kumar J. Hydrophobic acrylic versus polymethyl methacrylate intraocular lens implantation following cataract surgery in the first year of life. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2014;252(9):1443-1449. doi:10.1007/s00417-014-2689-0

45. Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Comparison of decentration and tilt between one piece and three piece polymethyl methacrylate intraocular lenses. *Br J Ophthalmol*. 1998;82(4):419-422. doi:10.1136/bjo.82.4.419

46. Rowe NA, Biswas S, Lloyd IC. Primary IOL implantation in children: A risk analysis of foldable acrylic v PMMA lenses. *Br J Ophthalmol*. 2004;88(4):481-485. doi:10.1136/bjo.2003.023275

47. Jacobi PC, Dietlein TS, Konen W. Multifocal intraocular lens implantation in pediatric cataract surgery. *Ophthalmology*. 2001;108(8):1375-1380. doi:10.1016/S0161-6420(01)00595-4

48. Epbert J, Md D, Gimbel H, et al. Sanjav Asrani. MD.a Sharon Freedman. MD,a Vie Hasselblad. PhD.b Edward G. Bucklev, MD,a James Epbert, MD.c Elie Dahan. MD3 Howard Gimbel. MD,e David Tohnson. MDf Scott McClatchev. M.D.g Marshall Parks, MD& David Plaper. M.D.1 and Eduardo Maselli.

49. Ruddle JB, Staffieri SE, Crowston JG, Sherwin JC, Mackey DA. Incidence and predictors of glaucoma following surgery for congenital cataract in the first year of life in Victoria, Australia. *Clin Experiment Ophthalmol*. April 2013:n/a-n/a. doi:10.1111/ceo.12067

50. Freedman SF, Lynn MJ, Beck AD, Bothun ED, Örge FH, Lambert SR. Glaucoma-related adverse events in the first 5 years after unilateral cataract removal in the infant aphakia treatment study. *JAMA Ophthalmol*. 2015;133(8):907-914. doi:10.1001/jamaophthalmol.2015.1329

51. Chrousos GA, Parks MM, O'Neill JF. Incidence of Chronic Glaucoma, Retinal Detachment and Secondary Membrane Surg ery in Pediatric Aphakic Patients. *Ophthalmology*. 1984;91(10):1238-1241. doi:10.1016/S0161-6420(84)34161-6

52. Russell-Eggitt I, Zamiri P. Review of aphakic glaucoma after surgery for congenital cataract. *J Cataract Refract Surg*. 1997;23(5):664-668. doi:10.1016/S0886-3350(97)80051-X

53. Comer RM, Kim P, Cline R, Lyons CJ. Cataract surgery in the first year of life: Aphakic glaucoma and visual outcomes. *Can J Ophthalmol*. 2011;46(2):148-152. doi:10.3129/i11-006

54. Nishi O, Nishi K, Fujiwara T, Shirasawa E, Ohmoto Y. Effects of the cytokines on the proliferation of and collagen synthesis by human cataract lens epithelial cells. 1996;1:63-68.

55. Milazzo S, Grenot M, Benzerroug M. La cataracte secondaire. *J Fr Ophtalmol*.

2014;37(10):825-830. doi:10.1016/j.jfo.2014.09.003

56. Vasavada A, Chauhan H. Intraocular lens implantation in infants with congenital cataracts. *J Cataract Refract Surg*. 1994;20(6):592-598. doi:10.1016/S0886-3350(13)80644-X

57. Keefe MO, Bowell R. Outcome and complications of intraocular lenses in children with cataract. *J Cataract Refract Surg*. 1996;22(6):730-736. doi:10.1016/S0886-3350(96)80312-9

58. Vasavada AR, Shah SK, Vasavada V. Management Options in Pediatric Cataract. *US Ophthalmic Rev*. 2012;05(01):44. doi:10.17925/USOR.2012.05.01.44

59. Plager DA, Lynn MJ, Buckley EG, Wilson ME. Complications , Adverse Events , and Additional Intraocular Surgery 1 Year After Cataract Surgery in the Infant Aphakia Treatment Study. *OPHTHA*. 2011;118(12):2330-2334. doi:10.1016/j.ophtha.2011.06.017

60. Wilson ME, Peterseim MW, Englert JA, Lall-trail JK, Elliott LA. Pseudophakia and Polypseudophakia in the First Year of Life. 2001;(August):238-245. doi:10.1067/mpa.2001.116867

61. Lambert SR, Lynn M, Drews-botsch C, et al. Strabismus , and Reoperation Outcomes Among Children with Aphakia and Pseudophakia After Unilateral Cataract Surgery During the First Six Months of Life. 2001;(April):70-75. doi:10.1067/mpa.2001.111015

62. Sachdeva V, Katukuri S, Ali M, Kekunnaya R. Second intraocular surgery after primary pediatric cataract surgery : indications and outcomes during long-term follow-up at a tertiary eye care. 2016;30(9):1260-1265. doi:10.1038/eye.2016.170

63. Vasavada AR, Praveen MR, Tassignon MJ, et al. Posterior capsule management in congenital cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(1):173-193. doi:10.1016/j.jcrs.2010.10.036

64. Astle WF, Frcs C, Alewenah O, Ingram AD, Paszuk A. Surgical outcomes of primary foldable intraocular lens implantation in children Understanding posterior opacification and the absence of glaucoma. *J Cart Refract Surg*. 2009;35(7):1216-1222. doi:10.1016/j.jcrs.2009.02.028

65. Looveren J Van, Dhubhghaill SN, Godts D, Bakker E, Veuster I De, Mathysen DGP. Pediatric bag-in-the-lens intraocular lens implantation : Long-term follow-up.

2015:1685-1692. doi:10.1016/j.jcrs.2014.12.057

66. Abela-formanek C, Amon M, Kahraman G, Schauersberger J, Dunavoelgyi R. Biocompatibility of hydrophilic acrylic , hydrophobic acrylic , and silicone intraocular lenses in eyes with uveitis having cataract surgery : *J Cart Refract Surg*. 2011;37(1):104-112. doi:10.1016/j.jcrs.2010.07.038

67. Lin H, Ouyang H, Zhu J, et al. Lens regeneration using endogenous stem cells with gain of visual function. *Nature*. 2016. doi:10.1038/nature17181

68. Ventura MC, Ventura B V., Ventura C V., Ventura LO, Arantes TE, Nosé W. Outcomes of congenital cataract surgery: Intraoperative intracameral triamcinolone injection versus postoperative oral prednisolone. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(4):601-608. doi:10.1016/j.jcrs.2013.09.011

69. Cleary CA, Lanigan B, O'Keeffe M. Intracameral triamcinolone acetonide after pediatric cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36(10):1676-1681. doi:10.1016/j.jcrs.2010.04.038

70. Konstantopoulou K, Del'Omo R, Morley AM, Karagiannis D, Bunce C, Pavesio C. A comparative study between clinical grading of anterior chamber flare and flare reading using the Kowa laser flare meter. *Int Ophthalmol*. 2015;35(5):629-633. doi:10.1007/s10792-012-9616-3

71. Rozema J, Werner L, Tassignon M-J, Zaugg BE, De Groot V. Clinical and Histopathologic Evaluation of Six Human Eyes Implanted with the Bag-in-the-Lens. *Ophthalmology*. 2009;117(1):55-62. doi:10.1016/j.ophtha.2009.06.031

72. Mataftsi A, Haidich AB, Kokkali S, et al. Postoperative glaucoma following infantile cataract surgery: An individual patient data meta-analysis. *JAMA Ophthalmol*. 2014;132(9):1059-1067. doi:10.1001/jamaophthalmol.2014.1042

73. Magnusson G, Abrahamsson M, Sjo J. Glaucoma following congenital cataract surgery : An 18-year longitudinal follow-up. 2000:65-70.

74. Tassignon MJ, Van Den Heurck JJI, Boven KBM, et al. Incidence of rhegmatogenous retinal detachment after bag-in-the-lens intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(11):2430-2437. doi:10.1016/j.jcrs.2015.05.026

75. De la Huerta I, Williams GA. Rhegmatogenous Retinal Detachment after Pediatric Cataract Surgery. *Ophthalmology*. 2018;125(1):4-5. doi:10.1016/j.ophtha.2017.08.032

76. Toyofuku H, Hirose T, Shepens C. Retinal detachment following congenital cataract. Preoperative findings in 114 eyes. *Arch Ophthalmol.* 1980 Apr;98(4):669-75.

77. Ní Dhubhghaill S, Van Os L, De Keizer RJW, Taal M, Zakaria N, Tassignon MJ. Intraocular lens exchange technique for an opacified bag-in-the-lens. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(5):924-928. doi:10.1016/j.jcrs.2015.04.006

78. Dick HB, Schultz T. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in infants. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(5):665-668. doi:10.1016/j.jcrs.2013.02.032

# VII. Annexe : article en anglais

Article in progress

**Pediatric cataract surgery with "Bag-in-the-lens" intraocular implantation: a retrospective study of 76 eyes with long-term follow-up**

*H. Bailleul, A. Lux, C. Billotte, R. Morello, Pr Quintyn*

ABSTRACT:

***Purpose:*** to report outcome in pediatric cataract surgery with Bag-In-the-Lens (BIL) implantation.
***Method:*** Children younger than 16 with primary BIL implantation from 2009 to 2019 were analyzed retrospectively, with a minimal 3-month follow-up. They were no exclusion criteria. They were operated on by three different surgeons.
***Results:*** 76 eyes of 61 children were included; 46 unilateral and 30 bilateral cataracts. Mean age at surgery was 5,98 years. Mean follow-up was 3,27 years with a maximum of 9,4 years. BIL intraocular (IOL) implantation was feasible in 90,5% cases. 9 second operations occurred: 5 anterior vitrectomies for posterior capsule opacification (PCO), 1 posterior vitrectomy for retinal detachment, 1 scleral buckling with cryotherapy and 2 iris capture relief. Mean time interval of reoperation was 1,27 year.
Visual axis opacification was detected in 4 eyes of 3 children (5,2%). 94,8% maintained a clear visual axis after primary surgery. No children required intraocular pressure lowering treatment or glaucoma surgery. A corrected distance visual acuity (CDVA) better than 0,5 was reached in 80,9% of the children.
***Conclusion:*** BIL Pediatric implantation showed a very low rate of reoperation thanks to fewer post-operative complications. In Caen, the BIL implantation technique is the preferred technique used in pediatric cataract surgery.

KEYWORDS: Pediatric cataract, Intraocular lens, Bag-In-the-Lens, reoperation, posterior capsule opacification, inflammation, secondary glaucoma, amblyopia

INTRODUCTION:

The incidence of pediatric cataracts ranges from one to three per 10 000 births worldwide[1]. Pediatric cataract surgery poses specific problems before, during and after surgery. Before surgery, the diagnosis has to be done and correlated diseases must be identified, such as persistent fetal vasculature and microphthalmia. The main issue is to decide at what moment the surgery is recommended. An accurate implant calculation can be difficult due to child's eye growth especially during the first two years of life[2]. During surgery, general anesthesia is the rule and is not without risks[3]. The surgery requires a skilled surgeon because of the usual myosis and the elasticity of the capsule which makes the capsulorhexis difficult to carry out[4]. After surgery, a massive inflammatory reaction occurs leading to posterior capsule opacification (PCO). Nd:YAG Laser treatment is rarely available in children so another operation (anterior vitrectomy) is necessary. Unfortunately, several surgeries can be necessary to maintain a clear visual axis. The end of the cataract surgery is only the beginning of a long period of amblyopia reeducation[5] requiring the parents' acceptance and involvement. A clear visual axis is the key of a successful reeducation. Several years later, a pseudophakic glaucoma has to be checked[6].

The common cataract surgery technique in children uses phacoaspiration with posterior capsulorhexis and anterior vitrectomy leading to 10 to 70% of PCO[7,8].

Professor Tassignon, from Anvers, Belgium, has changed the concept of intraocular lens (IOL) implantation by designing a new implant called Morcher 89A®[9]. Both anterior and posterior capsulorhexis merged to capture the lens epithelial cells responsible for PCO. In fact, the "Bag-in-the-lens" (BIL) implant is composed of a 5 mm round optical and two perpendicular haptics. It forms a circular gap in between, where the two capsules will be trapped. An anterior vitrectomy is seldom necessary. Long-term follow-up results show that BIL implantation is a safe, well-tolerated approach for treating pediatric cataract with a very low rate of visual axis reopacification and a low rate of second surgery for other postoperative complications such as glaucoma[10]. These results have recently been confirmed by a Swedish team[11].

In Caen, this technique has been used since 2009 thanks to Dr BILLOTE. We decided to carry out a retrospective survey in the ophthalmologic ward of Caen University Hospital in order to study and determine the rate of second intraocular surgery during a long-term follow-up. The secondary criteria were the evaluation of power lens calculation and the percentage of all the complications that can occur: posterior capsule opacification, glaucoma, iris capture, implant tilt, implant luxation, inflammatory response, macular edema, endothelial decompensation, retinal detachment, and endophthalmitis.

## PATIENTS AND METHOD

### *Patient*

A monocentric retrospective study was carried out from 2009 to 2019 in the ophthalmologic ward of Caen University Hospital. We included all the children aged less than 16 who had primary cataract surgery with BIL technique and with a minimum follow-up of three months. All types of cataracts were included, namely congenital, traumatic, cortisonic, and uveitic cataracts. There were no exclusion criteria. The study was approved by the Ethic Committee of The University of Caen and adhered to the tenets of the Declaration of Helsinki.

All the children were operated on under general anesthesia by three surgeons: Dr BILLOTTE, Dr DENION and Dr LUX. Axial length (Aviso®, Quantel Medical) and keratometry (Rétinomax Kplus®, Luneau ) were done just before surgery under anesthesia if the child was under 2. If possible, usually after the age of 2, the biometric measures were done during the pre-operative consultation.

### *Method*

The same surgical process was followed. It consisted of:

- Pupils dilatation 1 hour beforehand
- A 2,4 mm scleral or limbal incision (depending on the age)
- Filling up of the anterior chamber with sodium hyaluronate (Healon®)
- Insertion of a 4,5 mm diameter PolyMéthylMétAcrylate (PMMA) ring caliper, centered along the first and third Purkinje reflexes
- A 5 mm calibrated anterior continuous curvilinear capsulorhexis done with a clamp under viscoelastic product (a smaller ring is necessary for children considering the elasticity of the capsule)
- Phacoaspiration of the lens, ultrasounds are not compulsory
- Injection of viscoelastic product on the top of the remaining anterior capsule (and not in the bag)
- Puncture of the posterior capsule with a 30-gauge needle

- Injection of Viscoat® in the hole to push back the anterior vitreous face and the Berger Space
- Realization of the posterior continuous curvilinear capsulorhexis
- BIL is put in the cartridge with the haptic going under the capsule at the front
- Injection in the anterior chamber
- The posterior haptic is gently pushed behind the posterior capsule at the 6 o'clock position until both anterior and posterior capsules are engaged in the implant.
- Insertion of the BIL is completed doing right to left movements until insertion of both capsules over 360 degrees.
- Aspiration of the viscoelastic product
- Injection of Miostat® to make sure there is no iris capture
- BSS injection in the incisions and stiching of the corneal or scleral incision
- Antibiotic intracamerular injection
- Corticoids subtenon injection
- Protective shell

Postoperative treatment consisted in anti-inflammatory drops 3 times a day for 1 month, and antibiotic drops if over 2 years. Patching was started as soon as possible.

***Data Collection***

All the data were collected from medical journals. Preoperative data included age at surgery, systemic and ocular comorbidity, side and types of cataract. Intraoperative data were collected such as the name of the surgeon, the axial length, the keratometry and the lens power. Postoperative data were listed, namely the occurrence of the following complications: second surgery, PCO, ocular hypertension defined as intraocular pressure (IOP) over 21 mmHg, secondary glaucoma defined as elevated ocular pressure with corneal edema or buphthalmus or increased myopia or glaucomatous disc changes, iris capture, implant tilt, retinal detachment, excessive inflammatory response, endothelial decompensation and endophtalmitis.

Follow-up time, refraction, corrected distance visual acuity (CDVA) were recorded during the latest examination. The spherical equivalent of this residual refractive error was recorded in diopters (D). Prediction error (PE) for each surgical outcome was then calculated and put in absolute value. The predictability of refraction was graded as follows: APE ≤0.5D (Good), >0.5D but≤ 1.0D (Moderate), and >1.0D (Poor).

***Statistical analysis***

Visual acuity was given in decimal. Mean and standard deviation (SD) are given if appropriate. For continuous parameters, Student's t-test or variance analysis was used. For categorical data, chi-square test or Fisher's exact test was used. A $p<0,05$ was considered statistically significant. IBM-SPSS version 22.01 was used as statistics software.

## RESULTS

***Population***

The study included 76 eyes of 61 children: 32 girls (52,5%), 29 boys (47,5%). Fifteen of these cases were bilateral (39,5%) and forty-six eyes had unilateral cataracts (60,5%). 54 (71,1%) were congenital cataracts, 3 were traumatic, 2 uveitic and 1 cortico-steroids induced cataract. One patient had Down's syndrome and another patient had Stickler syndrome. Persistence of fetal vasculature (PVF) was present in 2 of unilateral cataract. Mean age at

surgery for the entire cohort of eyes was 5,98 years (range 2 months to 16 years). The demographic and clinical characteristics of the study patients are shown in Table 1.

Children were operated on by three different surgeons. BIL intraocular (IOL) implantation was feasible in 90,5%. In 8 cases, it was not feasible because of an oversized anterior capsulorhexis. 5 out of the 8 children were less than 6 months old.

An anterior vitrectomy was performed in 7 cases (9,2%), and was not necessary for the two patients with PVF. The mean lens power was 24,5 diopters with a range from 11 to 34.

| *Number of patients* | | **61** | |
|---|---|---|---|
| *Number of eyes* | | **76** | |
| | | *Nombre* | *%* |
| *Gender (p=0,798)* | Girls | 32 | 52,5 |
| | Boys | 29 | 47,5 |
| *Side (p=0,909)* | Right | 37 | 48,7 |
| | Left | 39 | 51,3 |
| *Laterality (p=0,085)* | Unilateral | 46 | 60,5 |
| | Bilateral | 30 | 39,5 |
| *Types of cataracts* | Congenital | 54 | 71 |
| | Traumatic | 3 | 3,9 |
| | Uveitis | 2 | 3,3 |
| | Cortiso-steroids induced | 1 | 1,6 |
| *Associated diseases* | Down's syndrom | 1 | 1,6 |
| | Persistent fetal vasculature | 2 | 2,6 |
| | Microphtalmia | 1 | 1,6 |
| | Stickler syndrom | 1 | 1,6 |
| *Family background* | | 12 | 19,7 |
| *Number of eyes operated on* | Before 1 year | 17 | 19,7 |
| | Before 6 months | 9 | 11,8 |
| | | Age (years) | |
| *Age at surgery* | Mean | 5,98 | |
| | Minimum | 0,21 | |
| | Maximum | 16 | |

*Figure 36 : characteristics of the population*

***Complications***

Mean follow-up was 3,27 years. 9 second surgeries occurred: 5 anterior vitrectomies for PCO, 1 posterior vitrectomy for retinal detachment, 1 scleral buckling with cryotherapy and 2 iris capture relief. Mean time of reoperation was 1,27 year.

Visual axis opacification was detected in 4 eyes of 3 children (5,2%). 2 of these 3 children were operated at the age of 5 months. An anterior vitrectomy was performed to remove the posterior capsule opacification. In all the 4 cases, the posterior capsule was not within the interhaptic groove, explaining the PCO. 94,8% maintained a clear visual axis after primary surgery. None of the eyes that developed visual axis reopacification needed more than one reintervention.

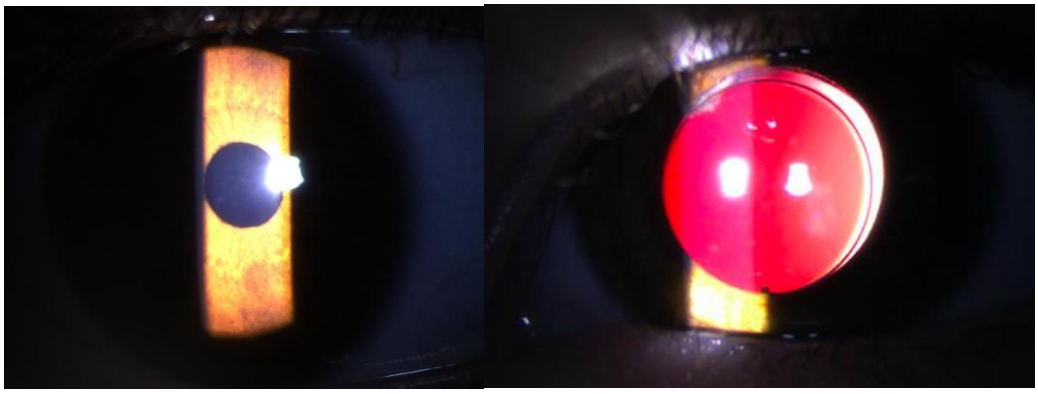


*Figure 37 : eye before and after pupil dilatation, 2 years after BIL implantation: no visual axis opacificaiton, no synechia,*

One child developed elevated ocular pressure. It is the child that underwent posterior vitrectomy for retinal detachment associated with Stickler syndrome. This elevated pressure has been treated by Brinzolamide® although there is no evidence of signs of glaucoma(normal optic disc and optical coherence tomography. The mean intraocular pressure was 16,04 mmHg. Excluding this child having multiple retinal surgeries, no children required intraocular pressure lowering treatment or glaucoma surgery.

Two children developed retinal detachment: one case was detected and included in the Stickler syndrome, et another case of retinal detachment in a young boy having an axial length over 25mm.

There was no macular edema, no anterior peripheral or posterior synechiaes and no IOL decentration. There was no endothelial decompensation neither severe complications such as endophthalmitis.

The mean refraction was 0,36+/-2,88D with a high myopic refraction of -13,75D found in the patient affected by Down's Syndrom. 68,4% of the patients achieved a spherical equivalent within -2,0 to +2,0D (Figure 1).

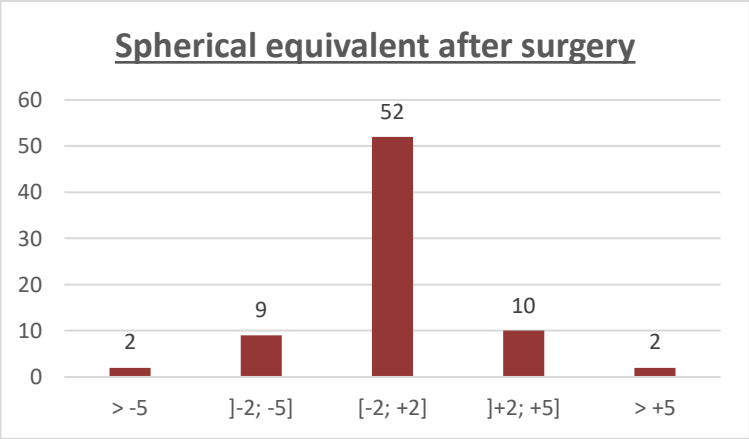



*Figure 38 : repartition of the spherical equivalent after BIL cataract surgery*

In some cases, CDVA could not be recorded preoperatively either because of the young age of the child or because the cataract was already too dense.

A CDVA better than 0,5 was reached in 80,9% of the children: 83,3% in children who had bilateral cataract surgery and 79,5% in children who had unilateral surgery.

All children showed a significant improvement of visual acuity moving from a mean preoperative CDVA of 0,25 to a mean postoperative CDVA of 0,72.

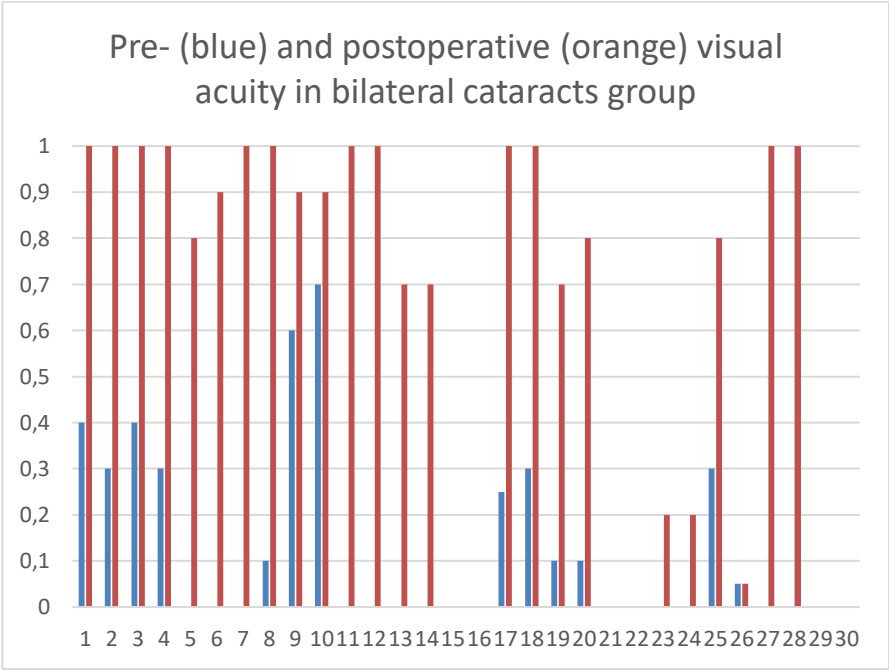



*Figure 39: difference between pre- and postoperative visual acuity in bilateral cataracts*

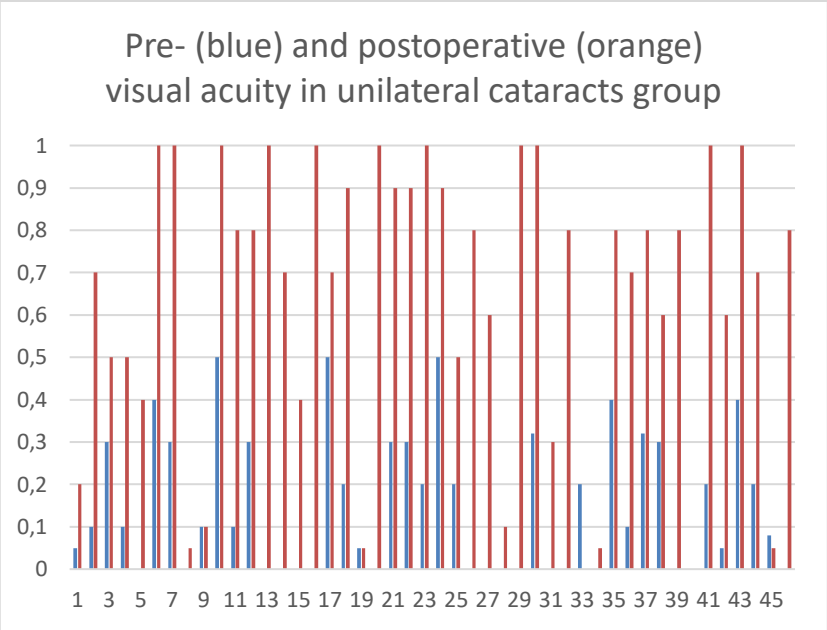



*Figure 40: difference between pre- and postoperative visual acuity in unilateral cataracts*

We compared the groups of unilateral cataracts (46 eyes) and bilateral cataracts (30 eyes). There was no significant difference in terms of reintervention with respectively 15,2% and 6,6% (p=0,511), of visual acuity (0,7 versus 0,5; p=0,121). Children with unilateral cataracts had a tendency to have the best visual improvments.

12 patients were younger than one year at the time of cataract surgery. Their mean visual acuity was 0,68 without significant difference (p=0,494). They had no more anterior vitrectomy (5,9% in the children operated before one versus 10,3%; p=1) or reintervention (23,5% versus 10,2%; p=0,217).

Six children (9 eyes, 3 unilateral cataracts and 3 bilateral cataracts) were younger than six months at the time of cataract surgery. In this small group, 3 had a reoperation for visual axis opacification, because of a bad implant positioning. There was no more anterior vitrectomy (0% versus 10,6%; p=0,598).

Mean absolute predictive error (APE) was 0,9 for SRK/T, 0,39 for SRKII, 1,5 for HofferQ and 1,03 for Holladay1. EPA was good (≤0,5D) in 30% of children with SRKT, 26% with SRKII, 27,4% with HofferQ and 22% with Holladay1. There was a trend towards better APE (≤0,5D) in eyes of younger patients under 2 years (OR= 0,870, IC95% [0,778 – 0,973], p=0,015) and shorter axial length (OR= 0,699, IC95% [0,535 – 0,912], p=0,008) with SRKII formulae.

## DISCUSSION

Our study is the biggest French retrospective cohort estimating the long-term results of pediatric bag-in-the-lens (BIL) intraocular lens (IOL) implantation. This study included all types of pediatric cataracts, especially traumatic cataract, uveitis cataract and children who had previously undergone another procedure. The surgery was performed by three different surgeons.

BIL IOL implantation reduces the rate of reintervention thanks to less post-operative complications. 9 réinterventions took place on 76 initial operations (11,84 %). Among the unilateral cataracts, 7 second operation occurred on 46 eyes (15,2 %). There is no significant difference in the rate of réintervention for the children operated before the age of one. On the contrary, children operated before the age of 6 months had significantly to unedergo complementary surgery (3 out of 9 eyes re-operated, 33.3%, p=0.015). In all 3 cases, the posterior rhexis was not correctly trapped in the interhaptic groove. No glaucoma surgery was performed. None of the eyes reoperated on needed more than one reintervention.

The IATS (Infant Aphakia Treatment Study) is a randomized multicenter clinical trial that showed 63% incidence of complications requiring a second intervention in children with unilateral cataracts operated before 6 months of age. The first cause of additional surgery was posterior capsule opacification and glaucoma[6]. Wilson founds 25% rate of reintervention in his study with a 2 year follow-up[12]. Our results are consistent with those found in Dr Nieuwjaer's thesis in Tours (France) where the rate of reintervention was significantly lower in the BIL group (11.11%), with a maximum of 2 surgeries, compared to the control group that received implantation in the bag with posterior capsulotomy and anterior vitrectomy (28.85%).

The most common complication in pediatric cataracts is the onset of posterior capsule opacification. In our study, 94.8% of children kept a clear visual axis during our 3.27-year follow-up. Only 4 cases (5.2%) of PCO appeared. In all 4 cases, the BIL implant was poorly positioned in the posterior rhexis, not allowing the fusion of the two capsules. Of these 4 eyes, 3 were less than 3 months old at the time of surgery and the posterior rhexis was too large. When the BIL implant was correctly positioned, no secondary cataracts appeared.

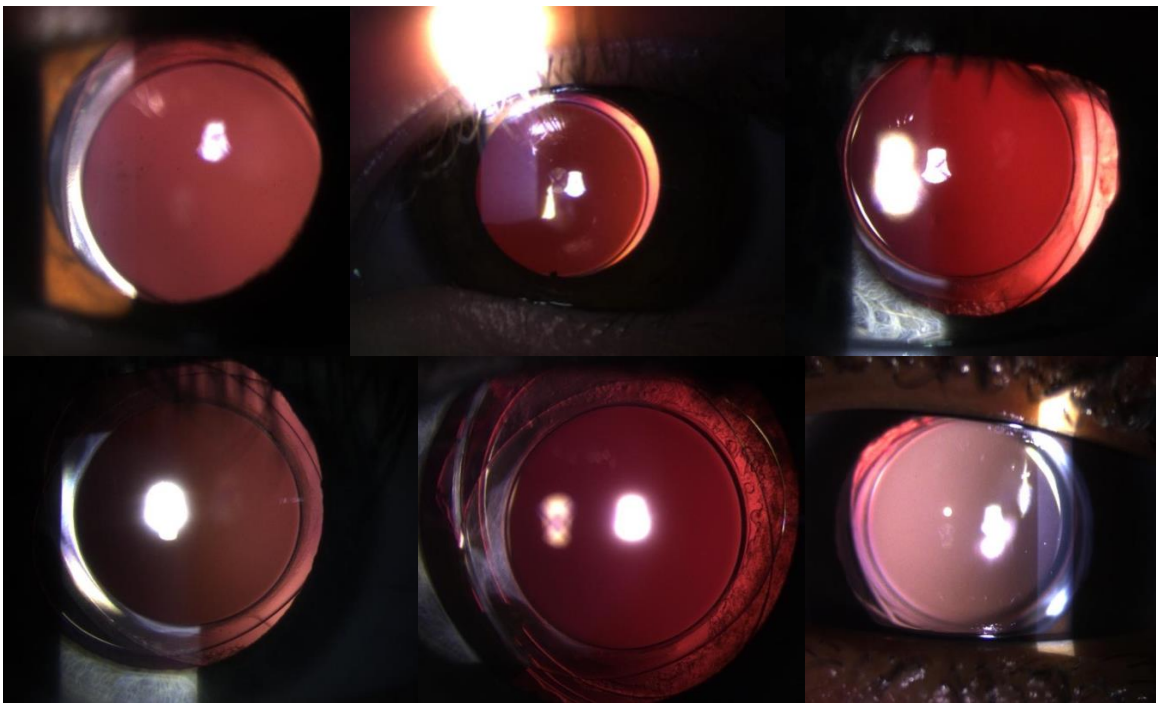


*Figure 41: clear visual axis after BIL implantation with a mean 3,27-year follow up*

In literature, the prevalence of secondary cataracts varies from 10 to 100% depending on the surgical technique studied. If the posterior capsule remains intact, 100% secondary cataract is observed, as in Vasavada study[13] and 95.8% in Knight study[14]. The addition of a posterior capsulotomy associated with anterior vitrectomy lowered the rate of secondary cataract. The PCO rate is estimated at 15.6% in the Ram[15] study, 10.8% in the prospective Vasavada study[16], up to 70% reported by Lundvall and his team in 2006[7].

Our results are comparable to those published by the team of Professor Tassignon in 2015 who found 91.3% clear visual axis during his follow-up at 5 years[10]. More recently, a Swedish team[11] scored 95.4% clear visual axis at 2.8 years follow-up. She counted 5 cases of secondary cataracts in the 109-eye series. Similarly, the Tours team, which has been implanting BIL implants for 3 years, reported 8.3% secondary cataracts in Dr Sophie Nieuwjaer's thesis.

These good results are explained by the new geometry of the BIL implant and the accuracy of its positionning. The BIL implant blocks the two rhexis in its groove and the two capsules, anterior and posterior, merges all around forming a new barrier to capsular proliferation. Indeed, the perfect superposition of the two rhexis by 360° makes it possible to cancel the risk of secondary cataract.

Sachdeva finds 30.8% postoperative uveitis in children with implantation in the bag with posterior capsulotomy and anterior vitrectomy despite a corticosteroid treatment prescribed at 12 instillations per day for 6 weeks[17]

In our study, we increased anti-inflammatory treatment for only one child, suffering from juvenile idiopathic arthritis, in addition to the usual one (3 applications of Dexafree® for 1 month). Our results are consistent with our subjective finding of lower post-operative inflammation. It would be very interesting to set up a study with objective measurement of inflammation in the anterior chamber by Laser Flare[18]. Lower inflammation is multifactorial and can be explained by the blocking of the epithelial cells between the two capsules[9], the absence of friction of the ciliary body or iris by the haptics, the absence of opening of the anterior hyaloid membrane, the absence of anterior vitrectomy, and the hydrophilic composition of the implant[19].

We noted only one case of elevated ocular pressure during the follow-up in a child with Stickler's syndrome and who had a posterior vitrectomy for retinal detachment. No children required intraocular pressure lowering treatment or glaucoma surgery. However, our average follow-up is only 3.27 years old.

Freedman reports a 17% risk of developing secondary glaucoma in children aged 1 to 6 months with 5 years follow-up after cataract surgery[6], 17% also for Mataftsi with 4.3 years follow-up[20]. Magnusson reports 12% glaucoma in Swedish children followed for 9.7 year[21].

The BIL implant has a quasi-physiological location in the eye, ringed on the two anterior and posterior capsules, separating the anterior and posterior segments. There is no systematic prior vitrectomy. Because the inflammatory reaction is lower, we have little or no use of corticosteroids, or over short periods of time. This explains the decrease in secondary glaucoma.

We had two cases of iris capture. Iris capture is possible during BIL surgery because when the iris tightens, it can pass under one of the haptics. This complication is prevented in the immediate post-operative phase by injecting a myotic agent at the end of the procedure.

We had a case of implant luxation for the second child operated because we used 5 mm diameter calibration rings. In infants, due to a high capsular elasticity, we use a 4.5mm ring enabling in the end to obtain a 5mm diameter calibrated anterior capsulorhexis.

Two cases of retinal detachment occurred, one on a child suffering from Stickler syndrome. The other child had a risk factor because his length axial was over 25. The incidence of post-phacoemulsification retinal detachment with BIL implantation in adults is estimated at 1.3% and is consistent with our outcome[22]. In conventional implantation techniques in the bag, the incidence of retinal detachment is estimated at 2.5% to 5 years[23] and 3% to 10% in children left aphaque[24].

In terms of refractive outcomes, the spherical equivalent was -0.36 +/-2.88 D in our series, comparable to Nyström and Nieuxjaer results respectively of -0.3 +/- 2.8 D and -0.30+/- 4.33 D. Van Looveren, with 5-year follow-up, finds a myopic average spherical equivalent with an average of -1.9 +/- 3.7 D. He found 52% of children with a spherical equivalent between -2 and +2 D on a 5-year follow-up[10]. In our study, 52 eyes had a spherical equivalent between -2 and +2 (68.4%) with an average follow-up of 3.2 years.

Our functional results are close to those found in previous BIL studies. Van Looveren found in the bilateral group 86.7% of children having CDVA better than 0,5 and 56.7% reached 10/10. In the unilateral group, 31.1% of the children had CDVA better than 0,5 and no child operated on unilateral cataracts got 10/10th. Nyström had 48.5% of CDVA better than 0,5. We know that these functional outcomes are also mainly due to good amblyopia rehabilitation. The low reintervention rate could be a motivating factor for parents to observe patching, particularly in unilateral cataracts.

Formulas for lens power calculation are validated in adults and used by default in children. In our study, the SKRII formula was used to limit predictive errors in implant calculations. Our results confirm that for children under 2 years of age or with an axial length of less than 18 mm, the calculations are more difficult, as in the study of Nihalani[25]. One of the advantages of BIL is the possibility of changing the implant if its power is not adapted anymore.

The surgical difficulty lies in the realization of the two anterior and posterior continuous capsulorhexis, calibrated and of the same diameter. Dick proposed the use of femtosecond laser at that stage[26].

## CONCLUSION

In this study, BIL Pediatric implantation showed a very low rate of reintervention through fewer post-operative complications. The prevalence of posterior capsule opacification tends to be close to 0% if both capsulorhexis are well calibrated and if the BIL implant is well positioned in both capsules. This surgical step is crucial because it also explains the decrease in postoperative inflammation and secondary glaucoma. In Caen, the BIL implantation technique is the preferred technique used in pediatric cataract surgery.

BIBLIOGRAPHY


1. Foster A, Gilbert C. Cataract in children. *Acta Paediatr Int J Paediatr*. 2003;92(12):1376-1378. doi:10.1080/08035250310007556
2. Neely DE, Plager DA, Borger SM, Golub RL. Accuracy of intraocular lens calculations in infants and children undergoing cataract surgery. *J AAPOS*. 2005;9(2):160-165. doi:10.1016/j.jaapos.2004.12.010
3. Ramamoorthy C, Haberkern CM, Bhananker SM, et al. Anesthesia-related cardiac arrest in children with heart disease: Data from the pediatric perioperative cardiac arrest (POCA) registry. *Anesth Analg*. 2010;110(5):1376-1382. doi:10.1213/ANE.0b013e3181c9f927
4. Taylor D. The Doyne Lecture. Congenital cataract: The history, the nature and the practice. *Eye*. 1998;12(1):9-36. doi:10.1038/eye.1998.5
5. Péchereau A, Paire V, Raffin L, Tessier H, Lebranchu P. Traitement de l'amblyopie des cataractes unilatérales et bilatérales avec résultats en termes d'acuité visuelle. *J Fr Ophtalmol*. 2011;34(3):208-212. doi:10.1016/j.jfo.2011.01.009
6. Freedman SF, Lynn MJ, Beck AD, Bothun ED, Örge FH, Lambert SR. Glaucoma-related adverse events in the first 5 years after unilateral cataract removal in the infant aphakia treatment study. *JAMA Ophthalmol*. 2015;133(8):907-914. doi:10.1001/jamaophthalmol.2015.1329
7. Lundvall A, Zetterström C. Primary intraocular lens implantation in infants: Complications and visual results. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32(10):1672-1677. doi:10.1016/j.jcrs.2006.05.004
8. Vasavada AR, Praveen MR, Tassignon MJ, et al. Posterior capsule management in congenital cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(1):173-193. doi:10.1016/j.jcrs.2010.10.036
9. Tassignon MJ, De Veuster I, Godts D, Kosec D, Van den Dooren K, Gobin L. Bag-in-the-lens intraocular lens implantation in the pediatric eye. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33(4):611-617. doi:10.1016/j.jcrs.2006.12.016
10. Looveren J Van, Dhubhghaill SN, Godts D, Bakker E, Veuster I De, Mathysen DGP. Pediatric bag-in-the-lens intraocular lens implantation : Long-term follow-up. 2015:1685-1692. doi:10.1016/j.jcrs.2014.12.057
11. Nyström A, Almarzouki N, Magnusson G, Zetterberg M. Phacoemulsification and primary implantation with bag-in-the-lens intraocular lens in children with unilateral and bilateral cataract. *Acta Ophthalmol*. 2018;96(4):364-370. doi:10.1111/aos.13626
12. Wilson ME, Peterseim MW, Englert JA, Lall-trail JK, Elliott LA. Pseudophakia and Polypseudophakia in the First Year of Life. 2001;(August):238-245. doi:10.1067/mpa.2001.116867
13. Vasavada A, Chauhan H. Intraocular lens implantation in infants with congenital cataracts. *J Cataract Refract Surg*. 1994;20(6):592-598. doi:10.1016/S0886-3350(13)80644-X
14. Keefe MO, Bowell R. Outcome and complications of intraocular lenses in children with cataract. *J Cataract Refract Surg*. 1996;22(6):730-736. doi:10.1016/S0886-3350(96)80312-9
15. Ram J, Brar GS, Kaushik S, Gupta A, Gupta A. Role of posterior capsulotomy with vitrectomy and intraocular lens design and material in reducing posterior capsule opacification after pediatric cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(8):1579-1584. doi:10.1016/S0886-3350(03)00231-1
16. Vasavada AR, Trivedi RH, Nath VC. Visual axis opacification after AcrySof intraocular lens implantation in children. *J Cataract Refract Surg*. 2004;30(5):1073-1081. doi:10.1016/j.jcrs.2003.08.020

17. Sachdeva V, Katukuri S, Ali M, Kekunnaya R. Second intraocular surgery after primary pediatric cataract surgery : indications and outcomes during long-term follow-up at a tertiary eye care. 2016;30(9):1260-1265. doi:10.1038/eye.2016.170
18. Konstantopoulou K, Del'Omo R, Morley AM, Karagiannis D, Bunce C, Pavesio C. A comparative study between clinical grading of anterior chamber flare and flare reading using the Kowa laser flare meter. *Int Ophthalmol*. 2015;35(5):629-633. doi:10.1007/s10792-012-9616-3
19. Abela-formanek C, Amon M, Kahraman G, Schauersberger J, Dunavoelgyi R. Biocompatibility of hydrophilic acrylic , hydrophobic acrylic , and silicone intraocular lenses in eyes with uveitis having cataract surgery : *J Cart Refract Surg*. 2011;37(1):104-112. doi:10.1016/j.jcrs.2010.07.038
20. Mataftsi A, Haidich AB, Kokkali S, et al. Postoperative glaucoma following infantile cataract surgery: An individual patient data meta-analysis. *JAMA Ophthalmol*. 2014;132(9):1059-1067. doi:10.1001/jamaophthalmol.2014.1042
21. Magnusson G, Abrahamsson M, Sjo J. Glaucoma following congenital cataract surgery : An 18-year longitudinal follow-up. 2000:65-70.
22. Tassignon MJ, Gobin L, Mathysen D, Van Looveren J, De Groot V. Clinical outcomes of cataract surgery after bag-in-the-lens intraocular lens implantation following ISO standard 11979-7:2006. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(12):2120-2129. doi:10.1016/j.jcrs.2011.06.025
23. De la Huerta I, Williams GA. Rhegmatogenous Retinal Detachment after Pediatric Cataract Surgery. *Ophthalmology*. 2018;125(1):4-5. doi:10.1016/j.ophtha.2017.08.032
24. Toyofuku H, Hirose T, Shepens C. Retinal detachment following congenital cataract. Preoperative findings in 114 eyes. *Arch Ophthalmol.* 1980 Apr;98(4):669-75.
25. Nihalani BR, VanderVeen DK. Comparison of intraocular lens power calculation formulae in pediatric eyes. *Ophthalmology*. 2010;117(8):1493-1499. doi:10.1016/j.ophtha.2009.12.031
26. Dick HB, Schultz T. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in infants. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(5):665-668. doi:10.1016/j.jcrs.2013.02.032

« Par délibération de son Conseil en date du 10 Novembre 1972, l'Université n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ou mémoires. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs ».

VU, le Président de Thèse

VU, le Doyen de la Faculté

VU et permis d'imprimer
en référence à la délibération
du Conseil d'Université
en date du 14 Décembre 1973

Pour le Président
de l'Université de CAEN et P.O

Le Doyen

ANNEE DE SOUTENANCE : 2019

NOM ET PRENOM DE L'AUTEUR : BAILLEUL Hélène

TITRE DE LA THESE **:** CHIRURGIE DE LA CATARACTE PEDIATRIQUE AVEC IMPLANTATION « BAG-IN-THE-LENS » : ETUDE RETROSPECTIVE PORTANT SUR 76 YEUX AVEC UN RECUL MAXIMAL DE 10 ANS

RESUME DE LA THESE EN FRANÇAIS :

L'implantation Bag-In-the-Lens dans la chirurgie de la cataracte pédiatrique permet de diminuer le taux de réintervention (11,84%) et ainsi limiter les anesthésies générales dans cette population fragile. Un axe visuel clair a été maintenu chez 94,8% des enfants. Il n'y avait aucun cas d'opacification capsulaire secondaire quand l'implant Bag-In-the-Lens était correctement janté dans les deux rhexis. Aucun enfant n'a été opéré de chirurgie filtrante pour un glaucome secondaire dans notre série après un suivi moyen de 3,27 ans. 83,3% des enfants opérés de cataractes bilatérales et 79,5% des enfants opérés de cataractes unilatérales avaient plus de 5/10ème lors du dernier contrôle.

La technique d'implantation Bag-In-the-Lens, au prix d'une rigueur chirurgicale dans la réalisation de deux capsulorhexis, antérieur et postérieur, calibrés chez l'enfant, offre une diminution des complications des postopératoires (inflammation, cataracte secondaire, glaucome secondaire) et facilite la rééducation de l'amblyopie.

MOTS CLES : Cataracte pédiatrique, Lentille intraoculaire, Bag-In-the-Lens, réinterventions, opacification capsulaire postérieure, inflammation, glaucome secondaire, amblyopie

TITRE DE LA THESE EN ANGLAIS**:** PEDIATRIC CATARACT SURGERY WITH "BAG-IN-THE-LENS" IMPLANTATION: RETROSPECTIVE STUDY OF 76 EYES WITH A MAXIMUM FOLLOW-UP OF 10 YEARS

RESUME DE LA THESE EN ANGLAIS :

Bag-In-the-Lens implantation in pediatric cataract surgery reduces the incidence of reoperation (11.84%) and thus limits general anesthesia in this fragile population. A clear visual axis was maintained in 94.8% of children. There was no case of posterior capsule opacification when the Bag-In-the-Lens implant was correctly positioned with the two capsulorhexis inserted in the interhaptic groove. No children were operated on for secondary glaucoma in our series after an average follow-up of 3.27 years. 83.3% of children operated on bilateral cataracts and 79.5% of children operated on unilateral cataracts had the best corrected visual acuity of 0.5 at the last check.

The Bag-In-the-Lens implantation technique, at the cost of surgical accuracy in the realization of two calibrated anterior and posterior capsulorhexis in children, offers a decrease in postoperative complications (inflammation, secondary cataract, secondary glaucoma) and facilitates the rehabilitation of amblyopia.

KEY WORDS: Pediatric cataract, Intraocular lens, Bag-In-the-Lens, reoperation, posterior capsule opacification, inflammation, secondary glaucoma, amblyopia