

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG
Année 2020

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**L'influence de la formation chirurgicale des internes en
phacoémulsification sur les complications peropératoires et les
résultats postopératoires.**

Présentée et soutenue publiquement le 30 septembre 2020 à 18h
Au Pôle de Recherche
Par Mohamed TURKI

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Jean-François ROULAND

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Pierre LABALETTE

Monsieur le Professeur Pierre GUERRESCHI

Monsieur le Docteur Mohamed ICHALALEN

Monsieur le Docteur Adrien LOSSOUARN

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Mohamed ICHALALEN

Avertissement

La Faculté ne donne aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Abréviations

α : Axe d'astigmatisme en degrés.

α_i : Axe d'astigmatisme induit en degrés.

ADP : Adénosine di phosphate.

ATP : Adénosine tri phosphate.

AV : Acuité visuelle.

Ca⁺ : Calcium.

CL⁻ : Chlorures.

CYL : Puissance d'astigmatisme en dioptries.

D : Dioptries.

EDC : Energie dissipée cumulée.

ES : Equivalent sphérique.

J : Jours.

K⁺ : Potassium.

KP90 : Composante directe ou indirecte de l'astigmatisme (projection sur l'axe 90°).

KP135 : Composante oblique de l'astigmatisme (projection sur l'axe 135°).

MER : Membrane épirétinienne.

Mg : Magnésium.

Na⁺ : Sodium.

OBVCR : Obstruction d'une branche de la veine centrale de la rétine.

PL + : Perception lumineuse positive.

SFO : Société Française d'Ophtalmologie.

SIA : Astigmatisme chirurgicalement induit (Surgically induced astigmatism).

TASS : Syndrome toxique du segment antérieur (Toxic anterior segment syndrome).

Sommaire

Abréviations	3
Sommaire	4
Liste des figures.....	10
Résumé :.....	1
Introduction :.....	2
I. Généralités :	2
II. Rappel anatomo-physiologique :	4
1. Le globe oculaire (figure 1):.....	4
1.1. La paroi :.....	4
1.2. Le contenu du globe oculaire :	4
1.3. Les deux segments du globe oculaire :.....	5
1.4. La muqueuse conjonctivale :.....	5
2. Anatomie et embryologie du cristallin	7
2.1. Embryologie du cristallin (10) (12) :	7
2.1.1. Période embryonnaire.....	7
2.1.2. Période fœtale :.....	8
2.2. Anatomie du cristallin (10):	9
2.2.1. Anatomie descriptive :.....	9
2.2.1.1. Cristallin :.....	9
2.2.1.2. Zone ou zonule ciliaire ou zonule de Zinn :.....	10
2.2.2. Anatomie biométrique :	11
2.2.2.1. Le poids :.....	11
2.2.2.2. Dimensions :	11
2.2.2.3. Variation des dimensions suivant l'accommodation :	11
2.2.2.4. Indice et puissance :	12
2.2.3. Les rapports anatomiques (figure 6) :	12
2.2.3.1. Les rapports antérieurs :	12
2.2.3.2. Les rapports postérieurs :.....	13
2.2.3.3. Les rapports latéraux :.....	13
2.2.4. Anatomie bio-microscopique :	14
2.2.5. Anatomie microscopique :.....	14
2.2.5.1. La capsule cristalliniennne :.....	14
2.2.5.2. L'épithélium :.....	14
2.2.5.3. Les fibres cristalliniennes :	15

3.	La physiologie du cristallin :	16
3.1.	Constantes chimiques :	16
3.1.1.	Teneur en eau :	16
3.1.2.	Acides aminés et peptides :	16
3.1.3.	Phosphates organiques :	16
3.1.4.	Hydrates de carbone :	16
3.1.5.	Ions inorganiques :	17
3.2.	Accommodation :	17
3.3.	Nutrition du cristallin :	17
3.4.	Bases physiques de la transparence :	18
3.5.	Fonctions énergétiques du cristallin :	18
3.6.	Vieillessement cristallinien :	19
3.6.1.	Les radicaux libres :	19
3.6.2.	Le vieillissement des membranes plasmiques et du cytosquelette :	19
3.6.3.	La formation avec l'âge de pigments et de substances fluorescentes :	19
III.	Cataracte :	20
1.	Formes étiologiques :	21
1.1.	Cataracte liée à l'âge :	21
1.1.1.	Cataracte nucléaire :	21
1.1.2.	Cataracte corticale :	21
1.1.3.	Cataracte sous capsulaire postérieure :	21
1.1.4.	Cataracte en arbre de Noël :	21
1.1.5.	Cataracte blanche :	21
1.2.	Cataracte traumatique :	21
1.2.1.	Cataracte contusive :	21
1.2.2.	Cataracte par traumatisme perforant du cristallin.	21
1.2.3.	Cataracte associée à un corps étranger intraoculaire :	21
1.3.	Cataracte par agents physiques :	22
1.4.	Cataracte par caustiques :	22
1.5.	Cataracte secondaire à une pathologie ophtalmologique :	22
1.5.1.	Cataracte compliquée secondaire à une pathologie du segment antérieur :.....	22
1.5.2.	Cataracte compliquée secondaire à une pathologie du segment postérieur :.....	22
1.5.3.	Syndrome d'ischémie oculaire (22) :	22
1.6.	Cataracte associée à une pathologie :	23
1.6.1.	Cataracte endocrinienne :	23
1.6.2.	Autres pathologies :	23

1.7.	Cataracte iatrogène :.....	23
1.7.1.	Cataracte médicamenteuse :.....	23
1.7.2.	Oxygénothérapie hyperbare :.....	23
1.7.3.	Cataracte secondaire à un acte chirurgical ophtalmologique :.....	23
2.	Formes évolutives :.....	24
2.1.	Cataracte intumescence :.....	24
2.2.	Cataracte morgagnienne :.....	24
2.3.	Cataracte hypermûre :.....	24
2.4.	Cataracte membraneuse :.....	24
IV.	Historique :.....	25
1.	Technique de l'accouchement du cristallin :.....	25
2.	Technique de l'aspiration de la cataracte à l'aide d'un tube ou d'une aiguille creuse :.....	26
3.	La technique de l'extraction intra/extra capsulaire :.....	27
4.	Phaco-émulsification :.....	28
5.	Implant intraoculaire :.....	29
V.	Phacoémulsification :.....	31
1.	Définition :.....	31
2.	Préparation du patient :.....	31
3.	Bases techniques de la phacoémulsification :.....	31
3.1.	Incisions :.....	31
3.2.	Injection de la Substance viscoélastique (dispersive):.....	33
3.3.	Capsulorhexis :.....	33
3.4.	Hydrodissection :.....	34
3.5.	Fragmentation et aspiration du cristallin :.....	35
3.6.	Injection de la substance viscoélastique (cohésive) :.....	37
3.7.	Implantation :.....	38
3.7.1.	Description de l'étape :.....	38
3.7.2.	Classification des implants :.....	38
3.7.2.1.	Implants acryliques :.....	38
3.7.2.1.1.	Implants acryliques hydrophobes :.....	38
3.7.2.1.2.	Implants acryliques hydrophiles/hydrogels :.....	39
3.7.2.2.	Implants silicones :.....	39
3.7.2.3.	Implants rigides :.....	39
3.7.2.4.	Implants à bords carrés :.....	39
3.7.2.5.	Implants avec filtres de lumière bleue :.....	39
3.7.2.6.	Implants revêtus d'héparine :.....	40

3.7.2.7.	Implants 3 pièces ou à anses rapportées :	40
3.7.2.8.	Implants monofocaux :	40
3.7.2.9.	Implants toriques :	40
3.7.2.10.	Implants multifocaux :	40
3.7.2.11.	Implants asphériques :	40
3.7.2.12.	Implants accommodatifs :	41
3.7.2.13.	Implants ajustables :	41
3.8.	Aspiration des substances viscoélastiques :	41
3.9.	Fermeture de l'incision :	41
3.10.	Antibioprophylaxie peropératoire :	42
4.	Complications de la phacoémulsification (53) (65):	43
4.1.	Complications Peropératoires :	43
4.1.1.	Rupture capsulaire postérieure :	43
4.1.2.	Complications capsulaires antérieures :	44
4.1.3.	Complications zonulaires :	44
4.1.4.	Complications hémorragiques.....	45
4.1.4.1.	Hémorragie expulsive :	45
4.1.4.2.	Autres complications hémorragiques :	45
4.1.5.	Complications iriennes :	45
4.1.6.	Complications cornéennes :	45
4.1.6.1.	Déchirure descémétique :	45
4.1.6.2.	Pertes cellulaires endothéliales :	46
4.1.6.3.	Œdème de cornée :	46
4.2.	Complications postopératoires précoces :	46
4.2.1.	Endophtalmie :	46
4.2.2.	Syndrome toxique du segment antérieur (TASS : Toxic anterior segment syndrome) :	47
4.2.3.	Hypertonie :	47
4.2.4.	Fuite par absence d'étanchéité de l'incision :	47
4.2.5.	Inflammation :	47
4.2.6.	Luxation secondaire de l'implant :	47
4.2.7.	Ptosis :	47
4.3.	Complications postopératoires tardives :	48
4.3.1.	Décompensation cornéenne :	48
4.3.2.	Décollement de rétine :	48
4.3.3.	Œdème maculaire ou syndrome d'Irvine-Gass :	48

4.3.4.	Rebond inflammatoire :.....	48
4.3.5.	Contraction et fibrose capsulaire antérieure (capsulophimosis) :.....	49
4.3.6.	Opacification capsulaire postérieure :.....	49
4.3.6.1.	Fibrose :.....	49
4.3.6.2.	Perles d'Hirschberg-Elschnig :.....	49
5.	Techniques alternatives :.....	50
5.1.	Extraction extra-capsulaire manuelle :.....	50
5.2.	Extraction intra-capsulaire (84) :.....	51
VI.	Astigmatisme :.....	52
1.	Astigmatisme cornéen :.....	52
1.1.	Astigmatisme régulier :.....	52
1.2.	Astigmatisme irrégulier :.....	53
2.	Astigmatisme interne :.....	54
3.	Moyens d'exploration :.....	55
3.1.	Kératométrie manuelle :.....	55
3.2.	Kératométrie automatique :.....	55
3.3.	Topographie cornéenne:.....	55
3.4.	Analyse vectorielle :.....	56
3.4.1.	Représentation graphique de l'astigmatisme :.....	56
3.4.2.	Calcul de la variation de l'astigmatisme :.....	57
Etude :	58
I.	MATÉRIELS ET MÉTHODES :.....	58
1.	Type d'étude :.....	58
2.	Population étudiée :.....	58
3.	Technique chirurgicale :.....	59
4.	Données analysées :.....	59
5.	Plan d'analyse :.....	60
6.	Analyses statistiques :.....	63
II.	RESULTATS :.....	65
1.	Population :.....	65
2.	Descriptif par groupes :.....	66
3.	Résultats sur les critères de jugement :.....	71
3.1.	Critères de jugement principal :.....	71
3.2.	Critères de jugement secondaires :.....	72
3.2.1.	Critères peropératoires :.....	72
3.2.2.	Critères postopératoires :.....	74

3.2.2.1.	Complications postopératoires :	74
3.2.2.2.	Satisfaction du patient :	75
3.2.2.3.	Gain d'acuité visuelle :	76
3.2.2.4.	Equivalent sphérique :	77
3.2.2.5.	Astigmatisme cornéen induit :	80
III.	Discussion :	85
1.	Caractéristiques de la population	85
2.	Complications peropératoires :	86
3.	Méthode de formation des internes :	91
4.	Durée d'opérations et coût :	92
5.	Complications postopératoires :	93
6.	Pronostic visuel :	94
7.	Satisfaction des patients :	96
8.	Perte en cellules endothéliales :	96
9.	Limites de l'étude :	97
IV.	CONCLUSION :	101
	Références bibliographiques :	102
	Annexes :	113

Liste des figures

Figure 1. Coupe sagittale de l'œil (Atlas d'anatomie humaine Frank Netter).	6
Figure 2. les étapes de la formation de la vésicule cristallinienne : Disponible sur : https://docplayer.fr/76523029-Embryologie-de-l-oeil.html	8
Figure 3. Formation de la vésicule cristallinienne qui se détache A. Il se produit par un allongement postérieur des fibres avec formation d'un épithélium antérieur (de B à E)(8).....	8
Figure 4. Coupe sagittale d'un cristallin. Disponible sur : http://vetopsy.fr/sens/vision/cristallin.php	10
Figure 5. Variation des dimensions suivant l'accommodation. Disponible sur : https://www.gatinel.com/recherche-formation/presbytie-multifocalite/	12
Figure 6. Coupe sagittale du globe oculaire et rapports du cristallin. 1. Rapport de Hannover ; 2. zonule de Zinn ; 3. espace de Petit ; 4. ligament de Wieger ; 5. fossette patellaire ; 6. chambre antérieure ; 7. chambre postérieure ; 8. corps ciliaire ; 9. hyaloïde antérieure (10).	13
Figure 7. <i>Technique de l'accouchement de la cataracte : Brisseau :Traité de la Cataracte et du Glaucoma Paris, 1709. Disponible sur :https://www.snof.org/encyclopedie/l%E2%80%99%C3%A9volution-de-la-notion-de-%C2%ABcataracte%C2%BB-1705-1708</i>	25
Figure 8. <i>Aiguille creuse découverte à Viladamat (Espagne) : 2è – 3è siècle après J.C (34).</i>	27
Figure 9. <i>Technique de Daviel (39).</i>	27
Figure 10. <i>Incision de service : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	32
Figure 11. <i>Injection de la Substance viscoélastique (dispersive) : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	32
Figure 12. <i>Incision principale : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	33
Figure 13. <i>Capsulorhexis débuté avec le kystitome : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	34
Figure 14. <i>Capsulorhexis à l'aide d'une pince à capsulorhexis : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	34
Figure 15. <i>Hydrodissection : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	35
Figure 16. <i>Sculpture/sillons : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	35

Figure 17. <i>Craking : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	36
Figure 18. <i>Emulsification des quartiers : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	36
Figure 19. <i>Aspiration des masses : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	37
Figure 20. <i>Injection de la substance viscoélastique (cohésif) : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	37
Figure 21. <i>Implantation : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	38
Figure 22. <i>Aspiration des substances viscoélastiques : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	41
Figure 23. <i>Fermeture de l'incision (hydrosuture) : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	42
Figure 24. <i>Injection intracamerulaire de céfuroxime : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).</i>	42
Figure 25. <i>Conoïde de Sturm : l'image se focalise selon les deux axes perpendiculaires aux méridiens principaux. Disponible sur : https://www.youtube.com/watch?v=yNlkewy53aU</i>	53
Figure 26. <i>Photo d'un kératocône</i>	54
Figure 27. <i>Aspect topographique typique d'un kératocône (ORBSCAN)</i>	54
Figure 28. <i>Diagramme de Holladay avec doublement des angles : Représentation d'un astigmatisme de 2 Dioptries à 30°</i>	56
Figure 29. <i>Présentation graphique, sur un Diagramme de Holladay, des résultats d'astigmatisme cornéen induit de toutes les chirurgies à 1 mois de la phacoémulsification (de puissance « SIA » en dioptries et d'axe « α_i » en degrés)</i>	82
Figure 30. <i>Présentation graphique, sur un Diagramme de Holladay, des résultats d'astigmatisme cornéen induit du chirurgien senior à 1 mois de la phacoémulsification (de puissance « SIA » en dioptries et d'axe « α_i » en degrés)</i>	83
Figure 31. <i>Présentation graphique, sur un Diagramme de Holladay, des résultats d'astigmatisme cornéen induit des internes à 1 mois de la phacoémulsification (de puissance « SIA » en dioptries et d'axe « α_i » en degrés).</i>	83
Figure 32. <i>Figure 32 : Présentation graphique, sur un Diagramme de Holladay, des résultats d'astigmatisme cornéen induit des internes débutants à 1 mois de la phacoémulsification (de puissance « SIA » en dioptries et d'axe « α_i » en degrés).</i>	84

Figure 33. Présentation graphique, sur un Diagramme de Holladay, des résultats d'astigmatisme cornéen induit des internes expérimentés à 1 mois de la phacoémulsification (de puissance « SIA » en dioptries et d'axe « α » en degrés).....	84
Figure 34. Trois mesures de kératométrie sur le TONOREF II et une mesure kératométrie sur l'IOL 500 chez la même personne au CHRU de LILLE.....	100

Liste des tableaux

Tableau 1. Description de la population étudiée	65
Tableau 2. Analyse des participations des internes.....	67
Tableau 3. Comparabilité entre les patients du sénior et les patients des internes	69
Tableau 4. Comparabilité des deux sous-groupes des internes débutants et des internes expérimentés.	71
Tableau 5. Analyse descriptive des complications peropératoires.....	72
Tableau 6. Comparaisons des durées totales des opérations chez le sénior et les internes.....	72
Tableau 7. Analyse des prises en main par le sénior.....	73
Tableau 8. Comparaisons des durées totales des opérations dans les deux sous-groupes des internes.....	74
Tableau 9. Complications à un mois.....	74
Tableau 10. Satisfaction du patient.....	76
Tableau 11. Evolution de l'acuité visuelle.....	77
Tableau 12. Evolution du gain d'acuité en fonction de la participation de l'interne : The GLM Procedure, Least Squares Means.....	77
Tableau 13. Evolution du gain d'acuité en fonction du niveau de l'interne : The GLM Procedure, Least Squares Means.....	77
Tableau 14. Analyse de l'équivalent sphérique.....	78
Tableau 15. Comparaison de l'équivalent sphérique entre le sénior et les internes.....	79
Tableau 16. Comparaison de l'équivalent sphérique entre les deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés.....	79
Tableau 17. Astigmatisme cornéen chirurgicalement induit (SIA).....	81
Tableau 18. Comparaison de l'astigmatisme cornéen induit (SIA) à 1 mois de la chirurgie entre le senior et les internes.....	81
Tableau 19. Comparaison de l'astigmatisme cornéen induit (SIA) à 1 mois de la chirurgie entre les deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés.....	81
Tableau 20. Comparaison de notre étude aux trois grandes études qui abordent la différence dans les taux de complications peropératoires entre les groupes des internes et les groupes des seniors.....	90

Résumé :

Contexte : La cataracte est la première cause de cécité et la deuxième cause de déficience visuelle dans le monde. La phacoémulsification est le traitement chirurgical de référence pour cette affection. Elle représente la chirurgie la plus enseignée aux internes en ophtalmologie. Nous avons donc étudié l'influence de la formation chirurgicale des internes en phacoémulsification sur les complications peropératoires et les résultats postopératoires.

Méthode: Il s'agit d'une étude prospective, multicentrique et observationnelle dans les services d'ophtalmologie des Centres Hospitaliers de TOURCOING et de DOUAI. Nous avons retenu 181 opérations. Les internes ont participé à 76 opérations. Nous avons comparé les opérations du chirurgien senior avec celles des internes, selon le critère de jugement principal qui est la présence d'une complication peropératoire et les critères de jugement secondaires qui sont la durée de l'opération, la présence d'une complication postopératoire, la satisfaction du patient, la variation d'astigmatisme cornéen (SIA et α_i), les gains en acuité visuelle et les résultats réfractifs objectifs postopératoires en utilisant l'équivalent sphérique.

Résultats : Une seule complication peropératoire s'est produite chez le chirurgien senior (0.9%). Cette complication était une rupture capsulaire postérieure avec une luxation d'un quartier du cristallin dans le vitré. Les internes n'ont eu aucune complication peropératoire. La comparaison de la durée totale de l'opération avait une médiane à 11 minutes (IQR : 9 ; 12) pour le chirurgien senior et une médiane à 23 minutes (IQR : 19 ; 30) pour les internes ($P < 0.001$). Nous avons constaté 6 complications postopératoires chez le chirurgien senior et également 6 chez les internes. L'absence de satisfaction des patients était dans 3 cas chez le chirurgien et 4 cas chez les internes. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le senior et les internes sur le gain d'acuité visuelle ($P = 0.71$), l'équivalent sphérique postopératoire ($P = 0.55$) et l'astigmatisme cornéen chirurgicalement induit (SIA) ($P = 0.21$).

Conclusion : Nous n'avons pas de complications peropératoires rajoutées sur les 76 cas opérés dans le cadre de la formation chirurgicale à la phacoémulsification des internes. Il existe une augmentation statistiquement significative de la durée opératoire due aux participations des internes sans différence statistiquement significative des résultats postopératoires.

Introduction :

I. Généralités :

La cataracte est la première cause de cécité dans le monde. En effet, une étude incluant 3 983 541 participants dans 98 Pays (1) a prouvé que la cataracte représente la principale cause de cécité avec 12.6 Millions d'aveugles sur 36 millions en 2015. Elle représente la deuxième cause de déficience visuelle modérée ou sévère avec 52.6 Millions cas sur 216.6 déficiences visuelles en 2015. La prise en charge de cette maladie est chirurgicale.

Actuellement, la phacoémulsification (2) (3) (4) (5) est la technique de référence pour la traiter. Cette opération consiste à une extraction extracapsulaire (c'est-à-dire en gardant le sac capsulaire et la zonule en place) du cristallin à travers une incision cornéenne étroite par fragmentation et aspiration du noyau et du cortex cristallinien. Ensuite, un implant à puissance optique précalculée est mis pour remplacer le cristallin. Aujourd'hui, nous avons plusieurs types d'implants ; selon la matière de fabrication et selon la correction optique : sphérique, torique (pour corriger l'astigmatisme cornéen), multifocal (pour corriger la presbytie) et même multifocal torique...

Avec le temps, la phacoémulsification est devenue une chirurgie bien sécurisée, très fréquente et la plus pratiquée en France. L'année 2018 aura vu le nombre de cataractes opérées atteindre les 883 677 (6). La phacoémulsification, aujourd'hui, ne traite pas seulement la cataracte mais vise une emmétropie en postopératoire, à la recherche d'un confort visuel sans besoin d'une correction optique, au moins pour la vision de loin. Cette chirurgie représente donc plus d'exigences au niveau des résultats qui sont ressentis et vus spontanément par le patient. Ce dernier peut considérer un échec comme un décalage par rapport à un résultat attendu.

Tout cela explique que la plupart des ophtalmologistes (2938 au total en 2020) (7) maîtrisent bien la phacoémulsification et qu'elle représente la première chirurgie enseignée et pratiquée par les internes en ophtalmologie (152 dans la promotion de 2019 par exemple dont

11 dans la région du Nord-Pas-de-Calais) (8) dans les différents centres durant leurs formations chirurgicales.

Cependant, on ne sait pas encore s'il existe des différences dans les taux de complications peropératoires pour la chirurgie de la cataracte pratiquée par les internes par rapport à la chirurgie effectuée par les chirurgiens seniors. Bien que personne ne doute de l'importance primordiale de cette formation pour continuer à soigner des patients, il faut s'assurer qu'elle ne soit pas dangereuse et que le résultat fonctionnel attendu soit atteint pour les patients opérés par des internes dans ce cadre de leur apprentissage professionnel. Ces éléments représentent la difficulté de cette formation pour l'interne et surtout pour le chirurgien qui le forme prenant sur sa responsabilité, ses résultats et la prise en charge des complications.

Nous avons donc étudié un exemple de deux centres connus par la qualité de leur formation chirurgicale dans la région du Nord-Pas-de-Calais en France, à la recherche d'une éventuelle augmentation du taux des complications peropératoires liée à la formation des internes par comparaison aux résultats des chirurgies faites par le senior et celles faites en totalité ou en partie par les internes pendant leur apprentissage de la phacoémulsification. Nous avons également comparé les résultats fonctionnels et visuels pour avoir une idée plus complète de l'influence de la formation des internes sur la qualité de la prise en charge des patients dans ces deux centres d'ophtalmologie.

II. Rappel anatomo-physiologique :

1. Le globe oculaire (figure 1):

Le globe oculaire, les annexes et les voies optiques composent l'appareil de la vision.

Ainsi, les deux yeux ou les deux globes oculaires sont la partie principale de cet appareil de la vision, ils sont entièrement contenus dans les deux orbites, situés de chaque côté de la racine du nez entre les os du crâne et ceux de la face. Le globe oculaire est d'une forme grossièrement sphérique ou ovoïde, son diamètre vertical, transversal et antéro-postérieur varie entre 23 et 24 mm chez l'emmetrope (Avec des axes généralement plus courts chez l'hypermétrope, plus longs chez le myope). Son poids est d'environ 7 g (9) (10).

Le globe oculaire est composé d'une paroi et d'un contenu.

1.1. La paroi :

La paroi est composée de l'extérieur vers l'intérieur de :

- La sclérotique qui est constituée de la sclère dans ses quatre-cinquièmes postérieures, de la cornée dans son un-cinquième antérieur et du limbe qui représente la zone d'union (9).
- L'uvée, une membrane musculo-vasculaire, formée dans sa partie antérieure par le corps ciliaire et l'iris, est formée dans sa partie postérieure par la choroïde.
- La rétine, une membrane sensorielle et nerveuse, transparente, légèrement rosée, représente la couche la plus interne du segment postérieur.

1.2. Le contenu du globe oculaire :

Il est formé par les milieux transparents, on retrouve de l'avant vers l'arrière :

- L'humeur aqueuse, derrière la cornée et devant le cristallin, remplit le segment antérieur.
- Le cristallin, derrière l'iris, représente la limite entre le segment antérieur et postérieur.

- Le corps vitré, en arrière du cristallin, remplit le segment postérieur.

1.3. Les deux segments du globe oculaire :

On individualise les différents constituants du globe oculaire en deux segments (10):

- Le segment antérieur : constitué par la cornée, le cristallin, l'iris, l'angle irido-cornéen et le corps ciliaire.
- Le segment postérieur : constitué par le corps vitré, la rétine, la choroïde et la sclère.

1.4. La muqueuse conjonctivale :

C'est une muqueuse transparente qui recouvre la face postérieure des paupières et la face antérieure de la sclère. Elle se joint au niveau du bord libre de la paupière avec la peau et au niveau du limbe avec la cornée.

La conjonctive et la capsule de Tenon sont fusionnées au niveau du limbe sur trois millimètres, formant ainsi un anneau qui circonscrit la cornée (11).

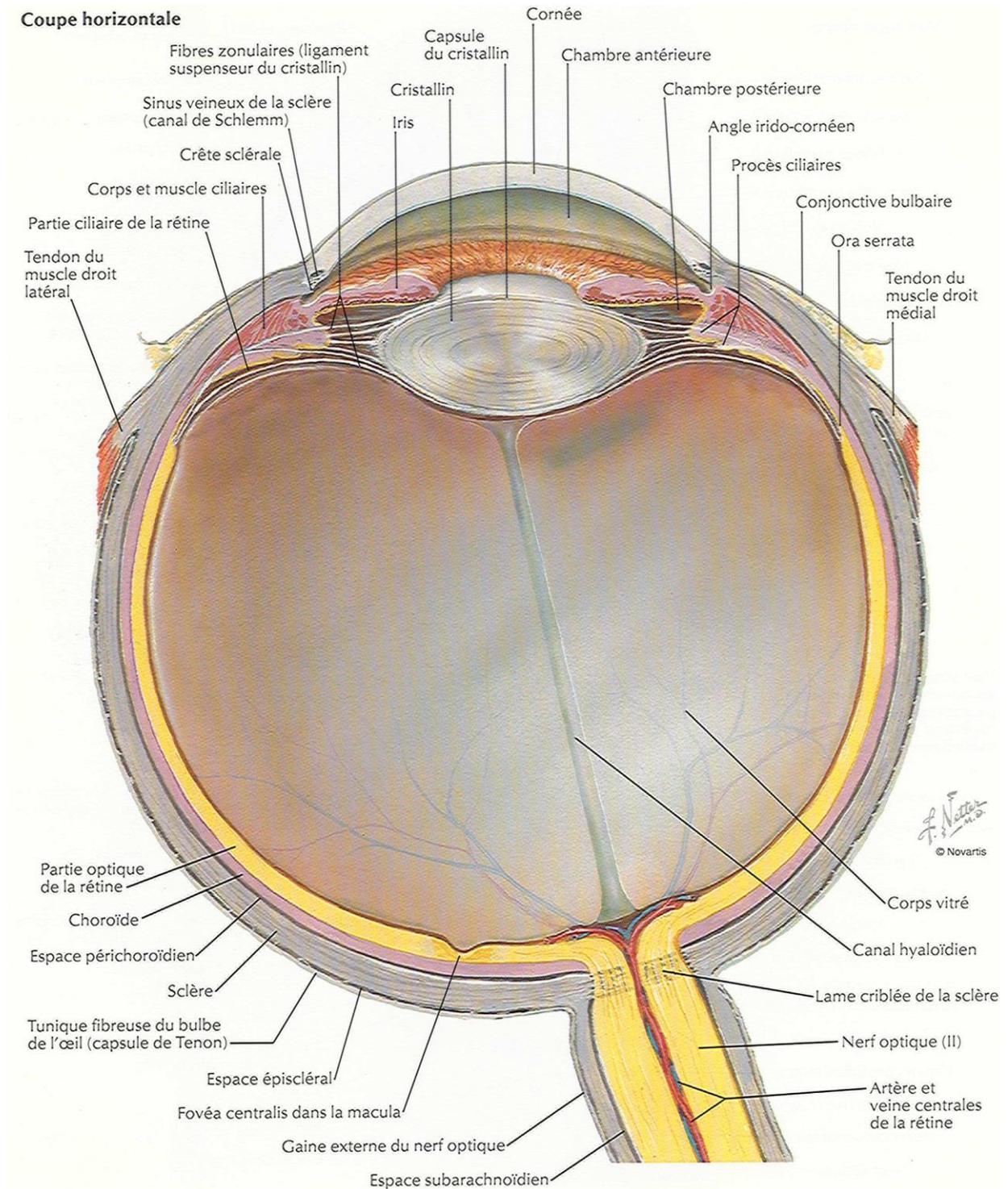


Figure 1. Coupe sagittale de l'œil (Atlas d'anatomie humaine Frank Netter).

2. Anatomie et embryologie du cristallin

2.1. Embryologie du cristallin (10) (12) :

2.1.1. Période embryonnaire

Au 22ème jour du développement, la gouttière optique apparaît de chaque côté du futur diencéphale. Cette gouttière effectue une croissance vers l'ectoblaste superficiel (l'épiblaste) et donne naissance à une vésicule optique. Sa partie proximale au tube neural, qui devient effilée durant sa progression dans l'ectomésenchyme vers l'épiblaste, s'appelle tige ou pédicule optique.

La vésicule optique vient au contact direct de l'épiblaste du 26ème au 30ème jour de développement (13). La placode cristallinienne se développe ensuite par épaissement épiblastique de 28 à 30 jours de développement suite à ce contact. La placode constitue ensuite la vésicule cristallinienne en s'invaginant dans la cupule optique. La partie distale de la vésicule optique se transforme en disque rétinien puis en cupule optique par interaction avec la placode cristallinienne du 31ème au 35ème jour de développement. La vésicule reste ouverte dans la cavité amniotique par le pore (la fossette) cristallinien. De 35 à 38 jours de développement, le pore cristallinien se referme et la vésicule cristallinienne se détache de l'épiblaste. La vésicule a donc un diamètre d'environ 0,2 mm et une paroi de 40 µm d'épaisseur (figure 2).

Du 42ème au 44ème jour de développement, le bourgeon cristallinien de Kölliker se forme à partir des fibres cristalliniennes primaires, parallèles entre elles, résultant de l'allongement des cellules de la partie postérieure de la vésicule cristallinienne dans le sens antéropostérieur. Le bourgeon cristallinien de Kölliker va progressivement remplir la cavité de la vésicule cristallinienne qui va disparaître totalement du 51ème au 53ème jour de développement (figure 3). Le noyau cristallinien embryonnaire est ainsi formé. Son diamètre est d'environ 350 µm selon l'axe antéropostérieur et de 300 µm dans un plan frontal. Le noyau fœtal est formé ensuite par les fibres cristalliniennes secondaires qui se développent et s'allongent à partir de la région équatoriale.

La nutrition des cellules cristalliniennes est assurée par la tunique vasculaire du cristallin formée par le vaisseau annulaire, les vaisseaux de la membrane pupillaire en avant et les vaisseaux hyaloïdiens en arrière qui partent du pédicule optique.

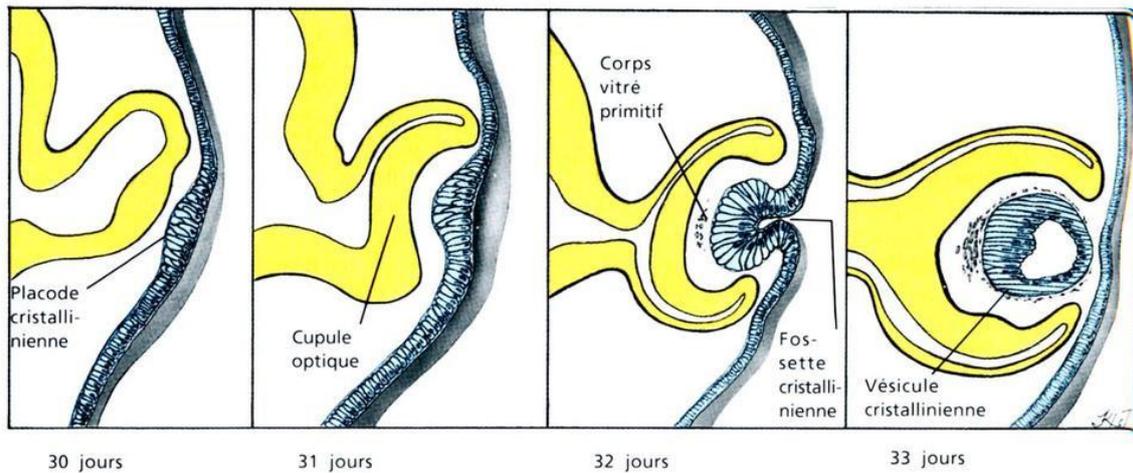


Figure 2. les étapes de la formation de la vésicule cristallinienne : Disponible sur : <https://docplayer.fr/76523029-Embryologie-de-l-oeil.html>.

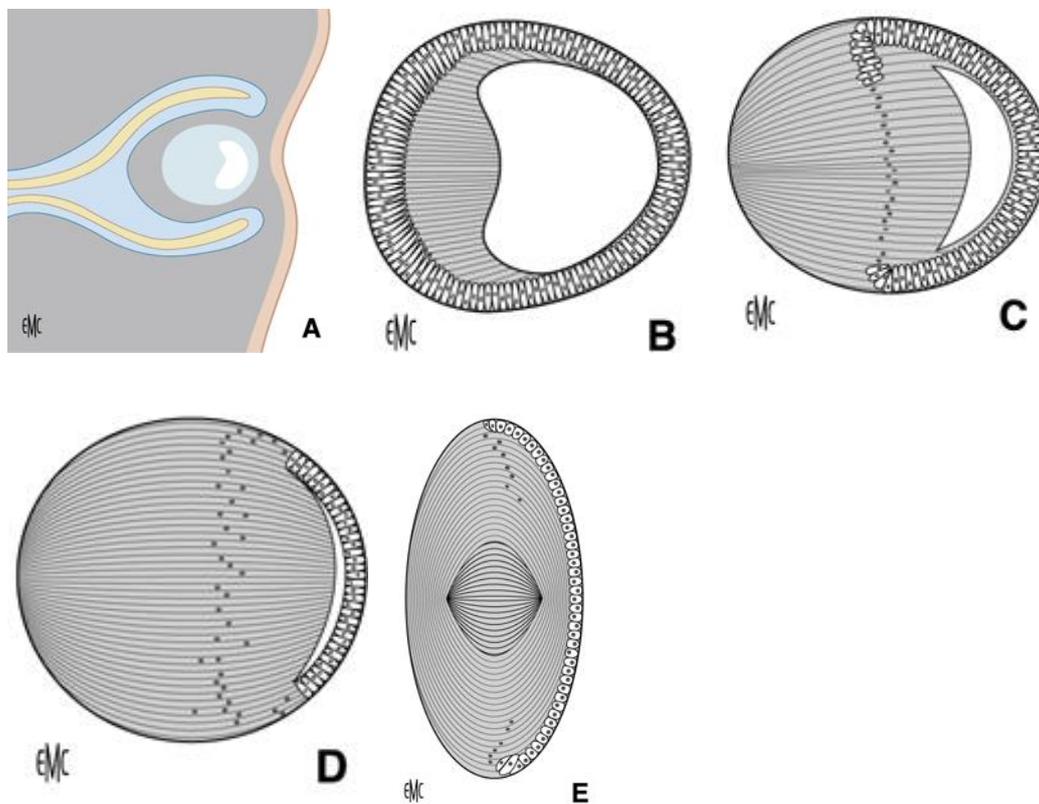


Figure 3. Formation de la vésicule cristallinienne qui se détache A. Il se produit par un allongement postérieur des fibres avec formation d'un épithélium antérieur (de B à E)(8).

2.1.2. Période fœtale :

Les fibres cristalliniennes secondaires, formant le noyau fœtal, ont toutes la même longueur et se réunissent en deux lignes, verticale en arrière et horizontale en avant, qui bifurquent pour prendre la forme d'un Y en avant et d'un Y renversé en arrière au niveau de leurs extrémités. La formation des fibres cristalliniennes se continue dans la région équatoriale,

refoulant vers le centre, les fibres les plus anciennes. Ce processus de croissance cristallinienne se poursuit jusqu'à la fin de la vie. Il est très rapide en période fœtale et dans les premières années de la vie, mais il ralentit par la suite. La tunique vasculaire va connaître une involution progressive après la période fœtale pour disparaître à la naissance. Une adhérence capsulo-hyaloïdienne solide persistante à la place du système vasculaire hyaloïdien rétro-lenticulaire, augmente le risque d'issue de vitrée contre-indiquant l'extraction intracapsulaire du cristallin chez l'enfant et l'adulte jeune.

Au 2^e trimestre, la zonule, appelée zonule vitrénne ou faisceau isthmique, est envahie par des fibrilles produites par l'épithélium ciliaire durant le 4^eme et 5^eme mois, apparaît dans la zone annulaire située entre le corps ciliaire et l'équateur du cristallin. Les fibrilles s'organisent ensuite en fibres qui s'attachent sur la capsule cristallinienne pour former la zonule définitive.

2.2. Anatomie du cristallin (10):

2.2.1. Anatomie descriptive :

2.2.1.1. Cristallin :

Le cristallin a la forme d'une lentille biconvexe aplatie en avant. Il présente une face antérieure et une face postérieure qui sont reliées par un équateur et centrées chacune par un pôle (ou apex).

Le cristallin est constitué de plusieurs éléments (figure 4) :

- La capsule, lame basale épaisse constitue la barrière entre les fibres du cristallin et l'humeur aqueuse en avant ou le vitré en arrière. Son épaisseur est de 13 μm en avant et de 4 μm en arrière. Elle représente un épaissement maximal à l'équateur (à l'endroit où les fibres zonulaires s'y insèrent) et un épaissement en « couronne » à 3 mm du centre.
- L'épithélium, situé uniquement sur la face antérieure du cristallin jusqu'à l'équateur, est unistratifié et sous-jacent à la capsule. Quatre zones sont distinctes, selon la densité cellulaire de l'épithélium qui augmente du pôle antérieur à l'équateur : La zone épithélio-centrale, la zone épithélio-distale, la zone mitotique et la zone de protofibres (constituée de cellules orientées à 90° qui s'allongent puis s'éloignent de l'équateur en perdant progressivement leur noyau).

- La substance cristallinienne est composée de fibres cristalliniennes. Ces fibres cristallines sont juxtaposées au fur et à mesure de leur formation. Leurs extrémités forment les sutures en Y antérieures et postérieures, au niveau du noyau cristallinien. La géométrie diffère au niveau du cortex mature, avec une forme d'étoile à neuf branches. Il existe une disposition avec des sous-divisions de branches irrégulières pour les cristallins âgés. La forme asymétrique du cristallin en coupe sagittale est expliquée par les fibres cristalliniennes plus fines en postérieur.

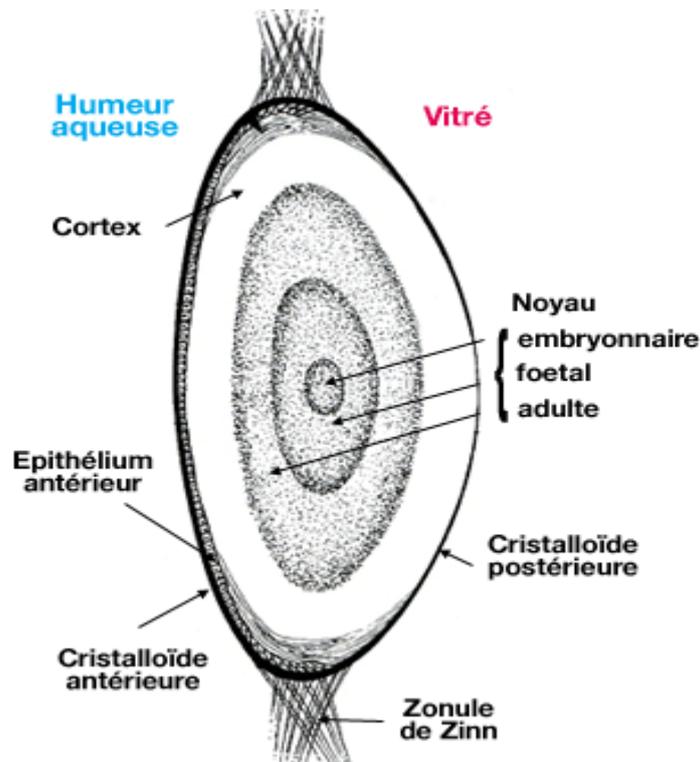


Figure 4. Coupe sagittale d'un cristallin. Disponible sur : <http://vetopsy.fr/sens/vision/cristallin.php>

2.2.1.2. Zone ou zonule ciliaire ou zonule de Zinn :

Les fibres zonulaires arriment le cristallin au corps ciliaire et lui transmettent l'action du muscle ciliaire. Selon l'insertion des fibres, on décrit 4 types de fibres radiées :

- Les fibres orbiculo-capsulaires postérieures.
- Les fibres orbiculo-capsulaires antérieures.
- Les fibres cilio-capsulaires postérieures.
- Les fibres cilio-équatoriales.

Ces fibres sont dépourvues d'élasticité. Elles maintiennent le cristallin en place en exerçant à sa périphérie une traction plus ou moins importante. Elles exercent une tension sur

le cristallin qui dépend de l'état des muscles ciliaires et joue ainsi un rôle dans l'accommodation. Les fibres s'insèrent d'une part dans la basale de l'épithélium qui recouvre le corps ciliaire et d'autre part sur la cristalloïde.

2.2.2. Anatomie biométrique :

La croissance du cristallin se poursuit toute la vie. L'épaississement cumulé des couches du cristallin modifie la réfraction cristallinienne.

2.2.2.1. *Le poids :*

Plus lourd chez l'homme que chez la femme, de la naissance à 80 ans, le poids passe de 65 mg à 260 mg et le volume de 72 mm³ à 238 mm³. On donne un poids moyen adulte de 190 à 220 mg (2 à 3% du poids total de l'œil) et un volume de 180 mm³.

2.2.2.2. *Dimensions :*

Chez un emmétrope adulte, entre 30 et 60 ans, le diamètre frontal est de 8.8 à 9.2 mm. Le diamètre antéro-postérieur au repos ne dépasse pas les 5 mm, avec une augmentation de 0,25 µm/an de 20 à 80ans (14) et les rayons de courbure antérieurs et postérieurs sont respectivement de 12.4 mm et 8.1 mm (15). À la naissance, les diamètres antéropostérieur et équatorial sont respectivement d'environ 4 mm et 6,5 mm (16).

Le rayon de courbure antérieur diminue avec l'âge, passant de 15.98 mm à 8 ans, à l'ordre de 8.26 mm à 82 ans (15). La croissance sagittale est plus importante que la croissance équatoriale et après 20 ans, de forme biconvexe, le cristallin devient plus arrondi.

2.2.2.3. *Variation des dimensions suivant l'accommodation :*

Chez le sujet jeune, l'accommodation se fait essentiellement aux dépens du dioptré antérieur du cristallin (figure 5) : Le rayon de courbure antérieur du cristallin est différent à l'état de repos et lors du processus d'accommodation, il passe de 10 mm à 6 mm et le postérieur de 6 à 5.5 mm. L'accommodation disparaît à l'âge de 70 ans.

Les dimensions varient de façon considérable selon l'âge, l'accommodation et les méthodes de mesure.

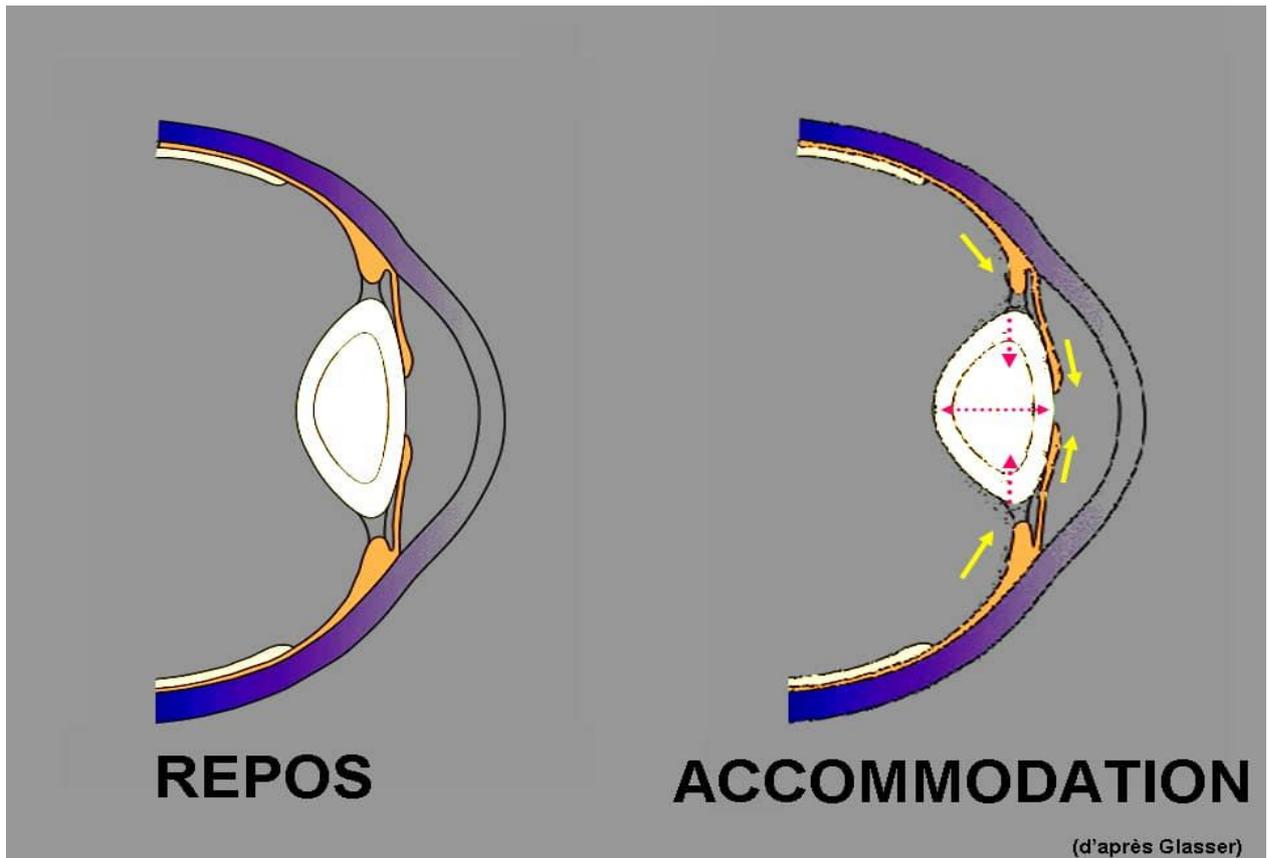


Figure 5. *Variation des dimensions suivant l'accommodation. Disponible sur : <https://www.gatinel.com/recherche-formation/presbytie-multifocalite/>*

2.2.2.4. *Indice et puissance :*

L'indice du cristallin varie entre 1.406 au centre et 1.386 (17) avec une puissance de l'ordre de 20 dioptries.

2.2.3. Les rapports anatomiques (figure 6) :

2.2.3.1. *Les rapports antérieurs :*

La face antérieure du cristallin répond à la face postérieure de l'iris. Au centre de celui-ci, se présente l'orifice pupillaire : c'est la zone où le cristallin est cliniquement explorable. Le pôle antérieur du cristallin est de 4 à 5 mm de la face postérieure de la cornée (profondeur de la chambre antérieure) et sont séparés par l'humeur aqueuse qui remplit la chambre antérieure.

Du centre vers l'extérieur, l'iris est en relation très étroite avec le cristallin, s'en écarte progressivement du fait de la convexité de cette face. Ainsi se trouve limitée entre l'iris et le cristallin, la chambre postérieure, dont les limites externes sont constituées par l'angle iridociliaire et la face antérieure de la zone ciliaire.

2.2.3.2. *Les rapports postérieurs :*

En arrière, le cristallin répond au vitré. L'hyaloïde antérieure, qui constitue la limite antérieure du vitré, présente une zone centrale de 5 mm de diamètre (appelée « area de Vogt » ou encore fossette patellaire) sur laquelle est étroitement appliquée à la face postérieure du cristallin, entourée d'une forte adhérence circulaire : le ligament hyaloïdocapsulaire de Berger-Wierger. Ce dernier est solide chez l'enfant mais fragile chez l'adulte et les personnes âgées. En dehors du ligament de Berger, le cristallin répond à un espace rétro-zonulaire virtuel où l'hyaloïde s'écarte progressivement : le canal de Hannover.

2.2.3.3. *Les rapports latéraux :*

L'équateur du cristallin répond en dehors à la zonule de zinn qui occupe l'espace de 1 mm qui sépare le cristallin des procès ciliaires. L'agencement des fibres zonulaires ménage un espace triangulaire au sein de la zonule appelé espace de Petit.

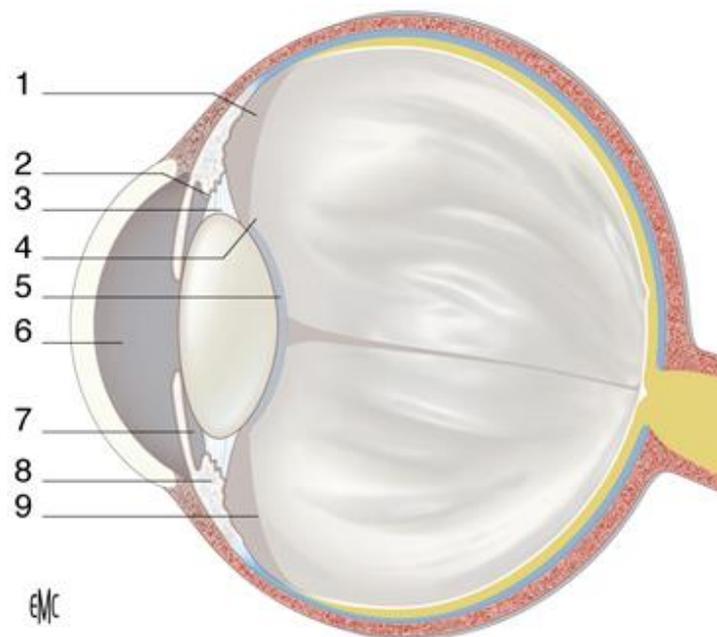


Figure 6. Coupe sagittale du globe oculaire et rapports du cristallin. 1. Rapport de Hannover ; 2. zonule de Zinn ; 3. espace de Petit ; 4. ligament de Wierger ; 5. fossette patellaire ; 6. chambre antérieure ; 7. chambre postérieure ; 8. corps ciliaire ; 9. hyaloïde antérieure (10).

2.2.4. Anatomie bio-microscopique :

Les variations de l'indice de réfraction, liées au développement embryologique et post natal du cristallin, correspondent à des bandes de discontinuité à l'examen bio- microscopique. On décrit chez l'adulte jeune du centre au périphérie :

- Le noyau embryonnaire, représenté par deux hémisphères opposés par leurs surfaces planes et séparés par un espace optiquement vide.
- Le noyau fœtal, avec les lignes de sutures en Y droit inversé, correspondant aux terminaisons des fibres fœtales.
- Le noyau adulte est formé par l'apposition des cortex antérieur et postérieur. Les fibres issues de l'épithélium équatorial forment à leurs jonctions des lignes de sutures étoilées. L'épithélium est situé à la surface du cortex antérieur.

La cristalloïde correspond à un sac hyalin qui entoure le cristallin et présente des reliquats blanchâtres de l'artère hyaloïde sur la cristalloïde postérieure.

2.2.5. Anatomie microscopique :

2.2.5.1. *La capsule cristallinienne :*

La capsule cristallinienne, rétractile, translucide, présente un aspect homogène et anhiste en microscopie optique. Elle ne possède pas des fibres élastiques (18). Il s'agit d'une membrane basale d'une épaisseur de 11 à 18 μm .

En microscopie électronique et au fort grossissement, elle présente une structure lamellaire faite de fibrilles traduisant la stratification de plusieurs membranes basales.

Cette structure présente une perméabilité à l'eau, aux ions, aux petites molécules et aux protéines, sans être perméable aux molécules de tailles égales ou supérieures à celles de l'albumine.

2.2.5.2. *L'épithélium :*

L'épithélium est situé seulement au niveau de la face antérieure du cristallin. Il est constitué d'une seule assise de cellules qui présentent une forme aplatie dans la zone centrale. Ces cellules s'allongent en hauteur et diminuent en largeur en s'approchant de la région équatoriale. Leur nombre total est de 760 000 cellules chez l'adulte jeune (14).

En microscopie électronique, la membrane plasmique est lisse dans la région basale et apicale. Dans les régions latérales, ces cellules présentent des desmosomes qui les unissent au niveau des interdigitations entre les cellules. Elles possèdent également des jonctions communicantes permettant le libre passage de petites molécules d'une cellule à l'autre. On observe aussi de rares jonctions communicantes entre la face apicale des cellules épithéliales et la face apicale des fibres cristalliniennes. Le cytoplasme de ces cellules possède les organites habituels.

Les techniques d'immunohistochimie mettent en évidence les protéines de son cytosquelette.

Au centre de la cellule se situe le noyau ovalaire composé de deux nucléoles et est parfois encoché. Sa chromatine est fine et dispersée.

Les mitoses sont observées en grand nombre dans la région équatoriale appelée aussi zone germinative. Cet épithélium génère les fibres cristalliniennes responsables de la croissance du cristallin tout au long de la vie. Les cellules pivotent de 180° pour prendre une direction antéropostérieure puis s'allongent pour constituer les fibres cristalliniennes.

2.2.5.3. *Les fibres cristalliniennes :*

La masse cristallinienne est constituée essentiellement des fibres cristalliniennes. L'épithélium antérieur équatorial est à l'origine de ces fibres qui s'étendent toutes de la face antérieure à la face postérieure du cristallin.

En coupe transversale, les fibres présentent une forme hexagonale aplatie et mesurent 8 à 12 µm de largeur sur 2 à 5 µm d'épaisseur. Les plus superficielles possèdent un noyau ovalaire pauvre en chromatine. Elles mesurent 7 à 10 mm de long, décrivent une ogive qui contourne l'équateur et s'engrènent latéralement avec leurs voisines.

Le cytoplasme, examiné en microscopie électronique, montre une quantité modeste d'organites. Par contre, parallèlement au grand axe de la cellule, les microtubules sont nombreux. Le cytosquelette des fibres comporte des filaments d'actine et de vimentine. En profondeur, les fibres cristalliniennes sont plus courtes avec un aspect plus rectiligne. Les fibres primaires du noyau embryonnaire ont une longueur inférieure à 250 µm. Par un phénomène de pinocytose, elles perdent leur noyau et les organites se raréfient. Les seules structures reconnaissables, dans les fibres les plus profondes, sont les microtubules.

Au cours de la différenciation des cellules épithéliales en fibres cristalliniennes, des protéines spécifiques ou cristallines sont synthétisées et s'accumulent dans leur cytoplasme. Ces cristallines représentent 90% des protéines cristalliniennes et augmentent l'indice de réfraction du cristallin. Des canaux aqueux, formés d'aquaporine-0 au niveau de la membrane plasmique des fibres cristalliniennes, réduisent les espaces interfibres pour une bonne transparence des structures.

3. La physiologie du cristallin :

Le cristallin est une lentille biconvexe transparente maintenue entre l'iris et le vitré par la zonule. Sa plasticité lui permet de modifier ses rayons de courbure et son indice de réfraction lors de l'accommodation permettant ainsi la mise au point pour la vision de près. Sa nutrition est assurée par l'humeur aqueuse : c'est un organe avasculaire et non innervé.

3.1. Constantes chimiques :

3.1.1. Teneur en eau :

Le cristallin contient 65% d'eau (52% sous forme libre et 13% sous forme liée aux colloïdes) qui lui confère un indice de réfraction élevé par rapport au milieu aqueux qui l'entoure. Cette teneur d'eau diminue avec l'âge et du cortex vers le noyau.

3.1.2. Acides aminés et peptides :

Ils sont transportés activement dans le cristallin. Ils sont à une faible concentration dans l'humeur aqueuse.

3.1.3. Phosphates organiques :

L'ATP (Adénosine tri phosphate) et l'ADP (Adénosine di phosphate) sont principalement retrouvées dans l'épithélium et le cortex : elles constituent l'essentiel des phosphates de haute énergie.

3.1.4. Hydrates de carbone :

On trouve le glucose qui est essentiellement présent, sous forme libre, dans les espaces extracellulaires et en petites quantités de fructose, de glycogène et de sorbitol. La cataracte peut être due à une concentration excessive de sucre, dans l'humeur aqueuse, toxique pour le cristallin.

3.1.5. Ions inorganiques :

Par rapport à l'humeur aqueuse, le cristallin présente une concentration élevée de potassium K^+ et basse de sodium Na^+ (respectivement de 114 à 130 mEq/kg d'eau et de 14 à 26 mEq/kg d'eau).

Dans la cataracte, leurs concentrations respectives tendent à se rééquilibrer. Le Na^+ et le K^+ sont essentiellement sous formes libres, échangeables. 15% sont sous formes liées et ayant un degré de liaison variable de la capsule au noyau.

Les chlorures Cl^- sont étroitement associés au sodium et représentent 18.5 mEq/kg d'eau plus basse par rapport à l'humeur aqueuse.

Le calcium Ca^{2+} a une faible concentration (0.14 $\mu g / mg$ de poids sec), mais joue un rôle dans la perméabilité cellulaire. Cette concentration augmente dans les cristallins cataractés.

Le magnésium Mg demeure constant et joue le rôle d'un cofacteur dans les réactions enzymatiques.

Les autres ions retrouvés sont les sulfates et à l'état de trace : le Fer, le Cuivre, le Manganèse, le Zinc, le Sélénium, le Baryum, le Strontium, Le Silicone et le Molybdène. Leurs taux varient avec l'âge et la cataracte.

3.2. *Accommodation :*

Le cristallin possède la propriété d'accommodation qui lui permet de modifier sa puissance de manière à ce que l'image rétinienne reste nette pendant le déplacement de l'objet entre le punctum remotum et le punctum proximum. Cette accommodation diminue avec l'âge par perte de l'élasticité du cristallin.

La puissance réfractive du cristallin augmente d'environ 10 dioptries (19) dans la vision de près.

La puissance accommodative, qui correspond à cette puissance maximale, diminue avec l'âge et atteint pratiquement 0 vers l'âge de 60 ans : c'est la presbytie.

3.3. *Nutrition du cristallin :*

Le cristallin est un tissu avasculaire. Sa nutrition est assurée par l'humeur aqueuse. Les échanges se font à travers la capsule cristallinienne.

Cette capsule est beaucoup plus perméable surtout vis-à-vis des molécules chargées positivement car elle est chargée négativement. L'épithélium règle ensuite les échanges selon les besoins du cristallin. Il possède différentes pompes biologiques.

3.4. Bases physiques de la transparence :

La transparence à la lumière est assurée par le taux élevé en protéines du cristallin (35%). Ces protéines sont arrimées et serrées régulièrement. La transparence cristallinienne est assurée par l'absence de différence de densité de ces protéines diffusant la lumière à l'intérieur du cristallin.

L'homogénéité parfaite des différents composants du cristallin et la régularité de toutes les structures moléculaires et cellulaires maintiennent la transparence. Chaque trouble de cette régularité mène à un procédé réactif opacifiant le cristallin. L'intégrité de la capsule est nécessaire à la conduction lumineuse cristallinienne. L'oxydation des membranes cellulaires pourrait représenter un évènement de la cataractogénèse.

L'accumulation de calcium provoque la formation d'agrégats et d'opacités cristalliniennes.

Lors d'une cataracte nucléaire précoce, l'index réfractif du noyau sclérosé augmente, ce qui explique la survenue d'une myopie cristallinienne.

3.5. Fonctions énergétiques du cristallin :

La production de l'énergie dans le cristallin (sous forme d'ATP), nécessaire au mécanisme de transport actif à sa synthèse protéique, se fait par l'apport continu de glucose, d'oxygène et de différents nutriments par l'humeur aqueuse.

L'essentiel de consommation énergétique se fait dans l'épithélium. Cette énergie est utilisée essentiellement dans les transports actifs.

Ce métabolisme se fait aussi dans l'épithélium. Les fibres cristallines sont dépourvues de mitochondries.

3.6. Vieillesse cristallinien :

3.6.1. Les radicaux libres :

Le cristallin absorbe tous les ultraviolets A et une partie des ultraviolets B. Il constitue un filtre protecteur de la rétine.

Des réactions radicalaires peuvent être induites par des réactions phototoxiques et photoallergiques liées aux ultraviolets.

Des photooxydations et photosensibilisations de certaines structures qui semblent être impliquées dans la cataractogenèse sont ainsi provoquées par l'absorption par le cristallin des radiations de 295 à 400 nm.

La structure des fibres est affectée par ces radicaux libres qui interfèrent dans plusieurs voies métaboliques.

3.6.2. Le vieillissement des membranes plasmiques et du cytosquelette :

Avec l'âge du patient et selon les régions du cristallin, on constate des modifications des protéines membranaires MP 26 et une élévation continue, du rapport cholestérol/phospholipides des membranes. Ce phénomène provoque une rigidité accrue des membranes des fibres dans le noyau et une dégradation des protéines cytosquelettiques.

3.6.3. La formation avec l'âge de pigments et de substances fluorescentes :

Avec l'âge, l'accentuation de la couleur jaunâtre du noyau est due à la genèse de chromophores fluorescents provoquée par l'exposition progressive aux rayons ultraviolets.

La quantité des chromophores augmente avec l'âge conférant au cristallin sa coloration jaune.

L'opacification progressive du cristallin est provoquée par l'altération des protéines de structure et la chute de l'activité enzymatique.

III. Cataracte :

La cataracte est l'opacification partielle ou totale du cristallin. Elle peut être congénitale ou acquise. Pour les hommes, la prévalence de la cataracte est de 5.3% entre 65 et 69 ans et de 25.8% pour les hommes de plus de 80 ans. Pour les femmes, la prévalence est identique : entre 65 et 69 ans, mais s'élève à 30.9% pour les plus de 80 ans (20).

Le diagnostic se fait par examen en lampe à fente avec dilatation de la pupille. Les signes cliniques fonctionnels et qui amènent les patients à consulter sont la baisse d'acuité visuelle, la photophobie, l'éblouissement, la diplopie ou la polyopie monoculaire, la modification de la perception des couleurs et la myopie d'indice.

Selon l'HAS les indications de la chirurgie, depuis avril 2019, sont (21) :

- Lorsque la fonction visuelle ne satisfait plus les besoins du patient et affecte son mode de vie en retentissant sur les activités quotidiennes et à condition qu'il existe une chance raisonnable d'amélioration après chirurgie. Il n'y a aucun seuil d'acuité visuelle qui ne figure dans les critères d'indications opératoires.
- En cas de gêne à l'examen du fond de l'œil, dans un but diagnostique et/ou thérapeutique.
- En prévention des complications induites par la cataracte : glaucome phacomorphe par blocage pupillaire, glaucome phacolytique ou uvéite phacoantigénique.

L'année 2018 avait vu le nombre de cataractes opérées atteindre les 883 677 (6). L'inflation du nombre de cataractes opérées se poursuit tous les ans (55), avec une croissance de 4,6 % par rapport à 2017 et portant le nombre à 849 602 (6). Cette augmentation continue est en rapport avec le vieillissement de la population, l'augmentation des indications de la Phacoémulsification et l'amélioration continue de la sécurité de la chirurgie, de la précision et de la reproductibilité des résultats postopératoires. L'année 2020 aurait très probablement une diminution du nombre des cataractes opérées à cause de la crise sanitaire liée au COVID-19, avec la diminution du nombre des consultations ophtalmologiques et le report des chirurgies non urgentes comme le cas de la cataracte. Mais l'inflation du nombre des cataractes opérées se poursuivra après.

Il existe plusieurs classifications cliniques de la cataracte (20) :

1. Formes étiologiques :

1.1. Cataracte liée à l'âge :

1.1.1. Cataracte nucléaire :

L'opacification siège dans le noyau concernant en général la personne âgée.

1.1.2. Cataracte corticale :

L'opacification siège, dans le cortex cristallinien antérieur ou postérieur, réalise habituellement les classiques cavaliers à partir de l'équateur du cristallin.

1.1.3. Cataracte sous capsulaire postérieure :

L'opacification est située en avant de la capsule postérieure. L'étiologie à rechercher est un traumatisme, la prise de corticoïdes, un diabète, l'exposition aux rayonnements ionisants, une inflammation oculaire.

1.1.4. Cataracte en arbre de Noël :

Cette cataracte idiopathique est caractérisée par des dépôts polychromatiques réfléchifs localisés dans le cortex profond et le noyau.

1.1.5. Cataracte blanche :

L'opacification du cristallin est totale avec un aspect blanc laiteux.

1.2. Cataracte traumatique :

1.2.1. Cataracte contusive :

Elle apparaît dans les couches postérieures du cristallin sous la forme d'une étoile formée en avant de la capsule postérieure ou une rosace qui occupe la couche sous-corticale postérieure. La contusion peut également entraîner des lésions des fibres zonulaires.

1.2.2. Cataracte par traumatisme perforant du cristallin.

1.2.3. Cataracte associée à un corps étranger intraoculaire :

La cataracte survient soit par atteinte directe, soit par imprégnation métallique (sidérose, chalcose).

1.3. Cataracte par agents physiques :

La cataracte peut être d'origine thermique (après l'exposition aux rayonnements infrarouges et à la chaleur intense), électrique (après électrocution ou fulguration), par rayonnements ionisants (secondaire à l'application de rayons X ou gamma, notamment lors d'une radiothérapie orbitaire) par explosion atomique ou par rayonnement électromagnétique.

1.4. Cataracte par caustiques :

Ce type de cataracte est causé le plus souvent par brûlure par base pénétrante en chambre antérieure.

1.5. Cataracte secondaire à une pathologie ophtalmologique :

1.5.1. Cataracte compliquée secondaire à une pathologie du segment antérieur :

Une cataracte peut se manifester suite à des uvéites antérieures avec des opacités qui sont sous-capsulaires et maximales en regard des synéchies. L'iridocyclite hétérochromique de Fuchs donne une cataracte sous-capsulaire postérieure ou corticale.

Le glaucome par fermeture de l'angle peut donner des glaucomflecken. Ce sont des opacités capsulaires antérieures ou sous-capsulaires antérieures qui peuvent régresser à la normalisation de la tension oculaire.

1.5.2. Cataracte compliquée secondaire à une pathologie du segment postérieur :

Il existe plusieurs pathologies du segment postérieur qui peuvent donner des cataractes. On prend l'exemple de la cataracte du myope fort avec des opacités nucléaires ; des opacités sous-capsulaires postérieures à reflets polychromes, chatoyants, avec des opacités en mie de pain s'épaississant au centre prenant une extension en rosette. Le décollement de rétine non opérée peut se compliquer d'une cataracte pathologique. Une cataracte peut survenir dans le cadre d'un mélanome de la choroïde ou autres tumeurs intraoculaires. La rétinopathie pigmentaire peut donner une cataracte sous-capsulaire postérieure.

1.5.3. Syndrome d'ischémie oculaire (22) :

Chez certains patients souffrant d'artérite de Takayasu, de thromboangéite oblitérante ou de nécrose du segment antérieur, on peut voir une cataracte qui est classiquement de type sous-capsulaire postérieur qui peut progresser rapidement jusqu'à l'opacification totale.

1.6. Cataracte associée à une pathologie :

1.6.1. Cataracte endocrinienne :

Les causes endocriniennes de cataractes les plus connues sont le diabète et l'hypocalcémie (hypoparathyroïdie, hypocalcémie idiopathique...).

1.6.2. Autres pathologies :

La cataracte peut être présente dans certaines pathologies générales et entre dans la définition de quelques maladies comme la maladie de Steinert (cataracte par dystrophie myotonique), la maladie de Fabry, la carence en protéines ou en vitamines (vitamines A, C, E, B2, etc.), la cataracte syndermatotique (la dermatose atopique, de la sclérodermie et du syndrome de Werner.), la maladie de Wilson et la neurofibromatose de type 2 etc...

1.7. Cataracte iatrogène :

1.7.1. Cataracte médicamenteuse :

Plusieurs médicaments ont un risque cataractogène secondaire et sont utilisés assez fréquemment par les autres spécialités ou même par les ophtalmologistes. Les médicaments les plus connus par cet effet iatrogène sont les corticoïdes (23), les myotiques locaux, l'amiodarone, l'isotrétinoïde, les phénothiazines, le busulfan...

1.7.2. Oxygénothérapie hyperbare :

Chez les patients exposés à l'oxygénothérapie hyperbare pendant une période d'un an, près de 50 % ont développé une cataracte nucléaire (24).

1.7.3. Cataracte secondaire à un acte chirurgical ophtalmologique :

Certains actes chirurgicaux peuvent causer secondairement une cataracte par blessure ou une dessiccation du cristallin. Dans ce cadre, on note la greffe de cornée, la vitrectomie postérieure surtout avec injection de gaz, un tamponnement par huile de silicone (25) ou par perfluoro-n-octane...

2. Formes évolutives :

2.1. Cataracte intumescence :

Le cristallin acquiert un gonflement qui engendre une poussée de l'iris vers l'avant, une réduction de la profondeur de la chambre antérieure et un risque d'hypertonie oculaire par blocage pupillaire.

2.2. Cataracte morganienne :

Le cortex cristallinien se liquéfie alors que le noyau durcit, devient foncé et tombe au fond du sac capsulaire en aspect de « coucher de soleil ».

2.3. Cataracte hypermûre :

La capsule cristallinienne s'altère, laissant sortir les protéines du cristallin. Des complications peuvent survenir comme la subluxation ou la luxation du cristallin et le glaucome phacolytique.

2.4. Cataracte membraneuse :

Cette cataracte apparaît lorsque les protéines cristalliniennes se résorbent permettant à la capsule antérieure et à la capsule postérieure de fusionner et créant ainsi une membrane blanche épaisse plissée et rétractée sur des résidus cristalliniens calcifiés.

IV. Historique :

1. Technique de l'accouchement du cristallin :

La première méthode connue pour traiter une cataracte est l'accouchement du cristallin (figure 7). Plusieurs articles recherchaient l'origine de cette technique et son histoire. Certains auteurs rapportent que l'idée de cette technique proviendrait de l'observation du cas d'une chèvre s'étant perforée l'œil avec une épine (26).

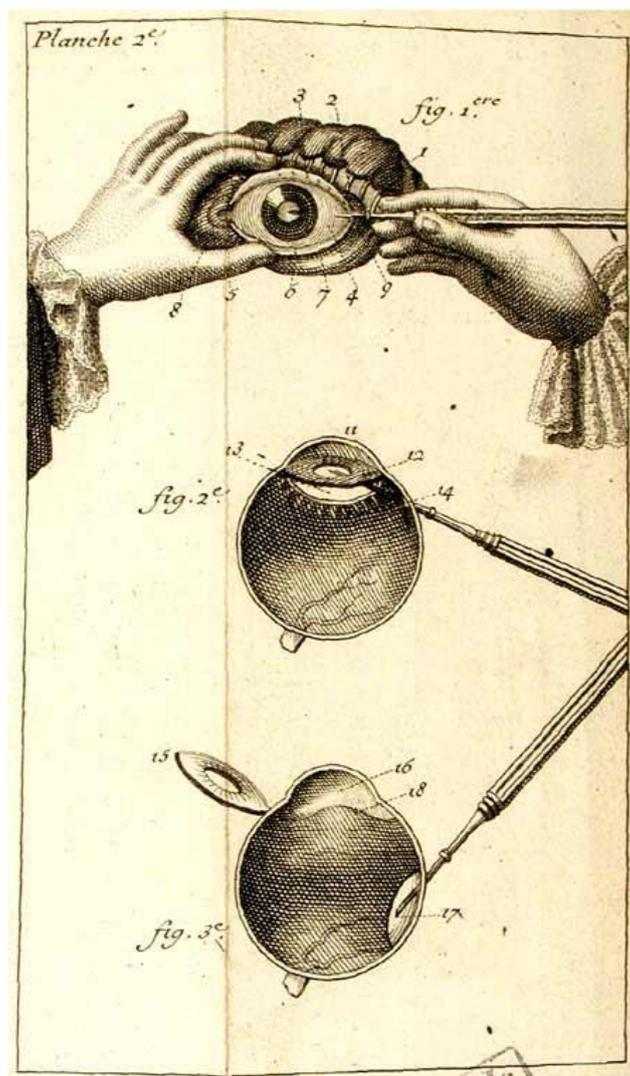


Figure 7. Technique de l'accouchement de la cataracte : Brisseau : *Traité de la Cataracte et du Glaucoma Paris, 1709.* Disponible sur : <https://www.snof.org/encyclopedie/1%E2%80%99%C3%A9volution-de-la-notion-de-%C2%ABcataracte%C2%BB-1705-1708>

Certaines civilisations étaient reconnues comme pratiquantes de cette technique :

Au cours du 2ème millénaire avant J.C., des médecins babyloniens (Johns 1904 (27)) et égyptiens (Ascaso et al. 2009 (28)) auraient pu utiliser la procédure de l'accouchement pour déloger la cataracte dans la cavité vitreuse.

Même s'il a été affirmé que la chirurgie de la cataracte a été réalisée en Égypte pharaonique, une analyse minutieuse des sources ne soutient pas cette affirmation. Aucun exemple de chirurgie de la cataracte ou de toute autre procédure ophtalmologique invasive ne peut être trouvé dans les sources originales (29).

Cette technique était également pratiquée en ancienne Inde à l'époque de Sushruta (800 avant J.-C.). Certains articles parlent d'une technique d'extraction de la cataracte débütée par ce médecin sans pouvoir le confirmer (30) (31) (32).

À l'époque d'Alexandre le Grand, la technique se répandait en Europe, puis dans le monde (33). Cependant, l'intervention est toujours réalisée dans certaines parties de l'Afrique et de l'Asie.

2. Technique de l'aspiration de la cataracte à l'aide d'un tube ou d'une aiguille creuse :

La découverte des aiguilles creuses de Montbellet (France) et Viladamat (Espagne) (figure 8) (34) dans des sites archéologiques, datant du 1er siècle au 3ème siècle après J.C, a réouvert la possibilité d'extraction de la cataracte comme option dans la gestion chirurgicale des cataractes dans l'antiquité.

Certaines sources littéraires ont attribué les origines de cette technique à Antyllus d'Alexandrie (34), un chirurgien grec qui a vécu au 2ème siècle après J.C dans l'Empire romain.

Au Moyen Âge, certains médecins arabes (35) ont tenté d'aspirer (33) (36) la lentille opaque au moyen d'un tube de verre suite à une paracentèse.

Cette technique n'a probablement pas été largement pratiquée et très probablement dénigrée par la communauté médicale.



Figure 8. *Aiguille creuse découverte à Viladamat (Espagne) : 2^e – 3^e siècle après J.C (34).*

3. La technique de l'extraction intra/extra capsulaire :

Le chirurgien Français Jacques Daviel (1693 – 1762) était un médecin qui pratiquait l'accouchement du cristallin. Il opéra, en 1747 (37), un ermite monophthalme sur son premier oeil par extraction d'un cristallin luxé dans la chambre antérieure après cure de cataracte par abaissement. Les suites sont désastreuses. Il s'entraîna sur des cadavres et sur des animaux, puis passa à l'homme en 1750 (38). Il coupa, sur environ 180 degrés, dans l'hémi cornée inférieure, pour extraire la cataracte. Il commençait l'incision avec une spatule large pour élargir ensuite la kératotomie avec des ciseaux. La capsule du cristallin a été ouverte avec une aiguille. Ensuite, la lentille a été poussée à travers la pupille à l'aide d'une spatule et appuyée sur le globe oculaire (figure 9) (39) (40).

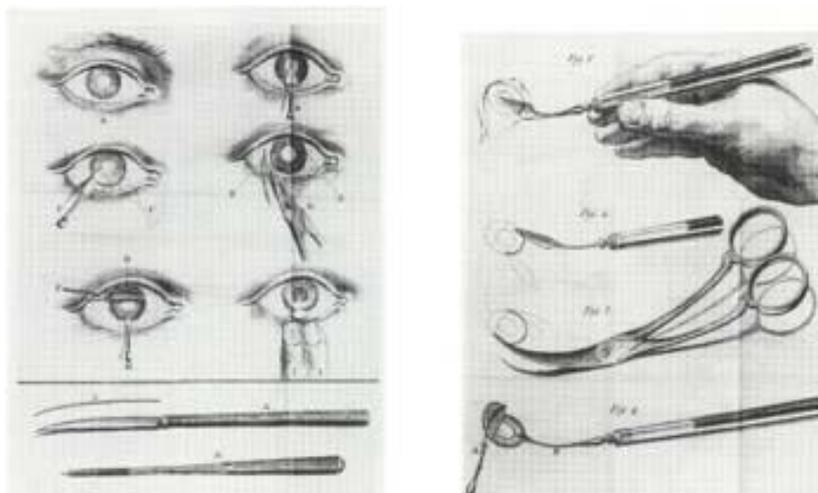


Figure 9. *Technique de Daviel (39).*

Daviel décrivait son intervention, le 15 Novembre 1752, pendant la célèbre séance de l'Académie Royale de Chirurgie de Paris. « L'extraction est seulement pour les mains habiles et expérimentées » disait Daviel. De nombreuses complications par infection, hernie de l'iris, inflammation, saignement, prolapsus de vitré, décollement rétinien et luxation postérieure du cristallin, étaient notées (40). Cela entraîna des discussions entre les tenants de l'abaissement et ceux de l'extraction du cristallin pendant des dizaines d'années.

Daviel aurait opéré par extraction 206 malades dont 182 avec succès, entre 1748 et sa mort survenue en 1762. On ne sait pas trop quelle était l'acuité visuelle de ses succès.

Le fameux médecin anglais Percival Pott (1713 – 1783) s'opposa à cette technique d'extraction. L'italien, Antonio Scarpa (1752 – 1832) penchait pour l'abaissement.

À Londres, Samuel Scharp (1753) avait introduit l'extraction intracapsulaire de la cataracte en utilisant la pression avec pouce pour enlever le cristallin entier et conçu, un couteau spécial avec lequel la cornée pouvait être ouverte avec 1 au lieu de 3 instruments (41).

Henry Willard Williams mit des sutures pour fermer l'ouverture de la cornée, en 1865 (42).

Carl Koller inventa l'anesthésie locale par la cocaïne en 1884 (40). Puis, en 1928, Anton Elschnig trouva l'anesthésie locale rétrobulbaire qui permettait en plus d'immobiliser l'œil (38).

La microchirurgie avec les microscopes était perfectionnée par Barraquer à Barcelone dans les années 50. Puis la cryode était introduite pour extraire le cristallin en 1961 par Charles Kelman (38) (43).

4. Phaco-émulsification :

Après une visite chez le dentiste qui l'a amenée à penser à l'utilisation des vibrations ultrasoniques pour fragmenter le cristallin de l'œil, Charles Kelman a introduit la phacoémulsification, en 1967 (43).

Après une incision cornéenne ou sclérale de 3 mm, maintenant même $\leq 2,2$ mm, on réalise une extraction extracapsulaire du cristallin. Cette technique se base également sur l'utilisation de l'acide hyaluronique, un viscoélastique pour maintenir la chambre antérieure de l'œil et protéger l'endothélium de la cornée. Cette invention revient principalement à l'ophtalmologiste sud-africain Robert Stegmann (1942) (44).

Au début de 1968, Charles Kelman fut introduit une pièce à main plus petite et plus maniable et mis au point une pompe péristaltique permettant d'équilibrer automatiquement l'irrigation et l'aspiration. Un manchon en silicone fut confectionné pour éliminer les problèmes de surchauffe. Dès 1970, l'appareil KELMAN-CAVITRON était prêt pour la commercialisation. La phacoémulsification a d'abord rencontré une opposition des chirurgiens à cause des complications peropératoires, puis elle est devenue la méthode de chirurgie de la cataracte la plus sûre et préférée dans le monde. Elle fut développée en 1984 après Gimbel et Neuhann en mettant en place le capsulorhexis antérieur. La plus petite incision se traduit par une chambre antérieure plus stable tout au long de la chirurgie, un temps de récupération plus court et un astigmatisme chirurgicalement induit moindre.

Avec l'évolution, cette technique est devenue de plus en plus précise, rapide, facile et reproductible. L'anesthésie topique était introduite par Fischman en 1993 (45). La taille d'incision principale est réduite. Elle varie actuellement de 1,8 mm à 3,2 mm selon les instruments utilisés. Les implants intraoculaires ont subi plusieurs évolutions concernant leurs types et matériaux pour faciliter leurs implantations et donner des meilleurs résultats réfractifs finals. Enfin, la technologie laser femtoseconde a été utilisée pour la première fois en chirurgie de la cataracte, en 2008, lors de la première chirurgie de la cataracte assistée par laser femtoseconde à Budapest, en Hongrie (46). Le but est d'avoir des incisions, un capsulorhexis et une fragmentation du noyau plus précises, prédictibles et reproductibles.

5. Implant intraoculaire :

La lentille artificielle intraoculaire a été inventée par l'ophtalmologiste anglais Sir Harold Ridley (1906-2001) (47) (48). Il découvrit lors des combats, au cours de la Seconde Guerre mondiale, que des éclats de plastique de capots des avions détruits étaient tolérés par l'œil et ne déclenchaient pas de réaction inflammatoire (49). En 1948, il a conçu une lentille du même matériau, à savoir le polyméthacrylate de méthyle (PMMA). La première lentille artificielle intraoculaire a été implantée le 29 novembre 1949 (48). À partir de 1970, l'implant intraoculaire (en chambre postérieure) a été de plus en plus accepté dans le monde (47).

Des innovations remarquables dans la technologie et la conception des implants intraoculaires se sont produites depuis les travaux révolutionnaires de Ridley. Le but de l'implantation est d'obtenir le meilleur résultat de réfraction tout en évitant les complications.

On a actuellement un large choix du site et de la technique d'implantation. Il peut être implanté dans le sac capsulaire ou le sulcus en cas de rupture de la capsule postérieure. En cas de perte de support capsulaire, il peut être fixé à la sclère derrière l'iris ou fixé à l'iris dans la chambre antérieure ou postérieure.

En 1980, le premier implant pliable est arrivé sur scène, ce qui a encore amélioré les résultats. Les implants pliables sont faits d'un matériau flexible (acrylique ou silicone) permettant une insertion dans l'œil à travers une incision encore plus petite.

En 1992, la correction de l'astigmatisme est devenue possible lorsque le premier implant torique a été développé (50). Alors que la correction de la presbytie a été effectuée avec l'introduction des implants multifocaux dans les années 1990 et des implants accommodatifs en 2000. Enfin, on a une nouvelle génération d'implants ajustables (premier prototype en 1996 (51)) qui s'adapte aux résultats réfractifs finals et qui ont pour but d'optimiser au maximum ces derniers (52).

V. Phacoémulsification :

1. Définition :

La phacoémulsification représente la méthode de référence pour opérer la cataracte dans les pays industrialisés (53). Kelman a effectué la première phacoémulsification expérimentale en 1967 (54). Son principe se base sur l'émulsification du noyau par un effet acoustique du fait de la propagation des ultrasons dans le liquide de la chambre antérieure. Cette fragmentation du cristallin est accompagnée par un système d'aspiration-irrigation pour aspirer les fragments tout en gardant une pression positive qui permet de garder une chambre antérieure formée.

2. Préparation du patient :

L'intervention est réalisée chez un patient allongé sur le dos, en milieu chirurgical stérile et sous microscope. L'anesthésie du patient peut être générale ou locale avec ou sans sédation peropératoire (55) : rétrobulbaire (56), péribulbaire (la technique de référence actuellement), sous-ténonienne (57) et topique.

3. Bases techniques de la phacoémulsification :

Il existe plusieurs techniques de phacoémulsification (53) (58) (59) (60) (61) (62) (63) (64) (bi-manuelle, coaxiale, sabot de Kratz-Maloney, Chip and flip, phaco-chop, divide-and-conquer, stop-and-chop, Supracapsular phacoemulsification, Phacoflip, Pop and Chop, Tilt and Tumble, Phacospirale, laser Femtoseconde ...), nous détaillerons dans cette partie la technique de référence utilisée au CH de Tourcoing et de Douai (coaxiale : divide-and-conquer).

3.1. Incisions :

L'incision principale est pratiquée entre 1 et 2 mm du limbe anatomique quelle que soit son angle de départ cornéen. La taille de l'incision peut varier selon les couteaux précalibrés de 1.8 mm à 3.2 mm. La plupart des chirurgiens de la région font une incision calibrée à 2.2 mm (figure 12).

L'incision de service est une incision cornéenne de 1 mm de large, pratiquée à l'aide d'une lame de 15° (figure 10). L'ordre des 2 incisions varie souvent d'un chirurgien à un autre selon l'habitude avec l'injection de la substance viscoélastique avant la deuxième incision (figure 11).

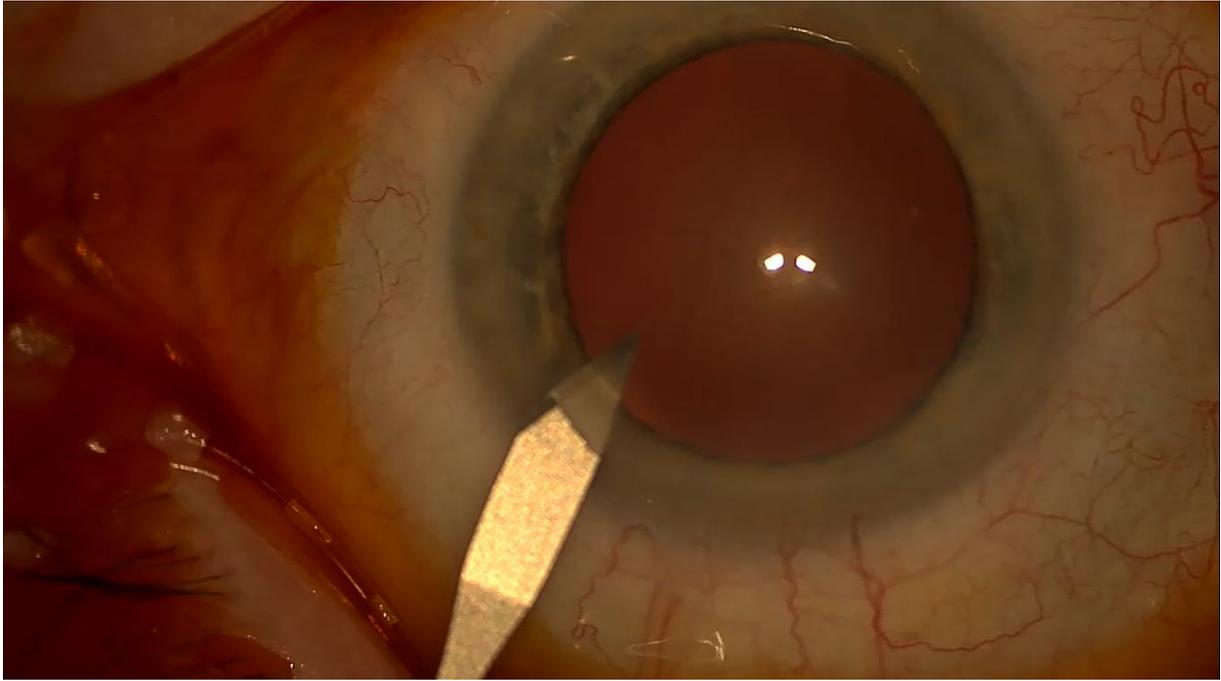


Figure 10. *Incision de service : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

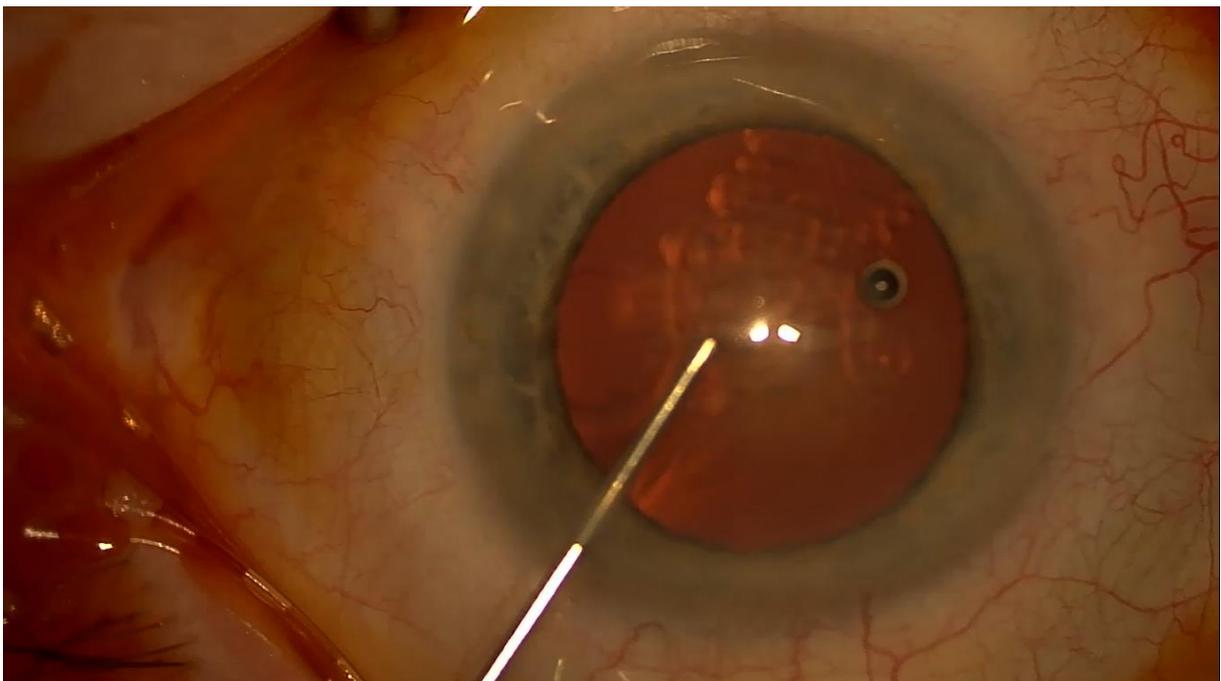


Figure 11. *Injection de la Substance viscoélastique (dispersive) : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

A Tourcoing et Douai, la totalité des chirurgies étaient effectuées avec une incision de service à 45°, puis une incision principale de 2.2mm à 135°, séparées d'une injection de la substance viscoélastique (Viscoat® chez Alcon).

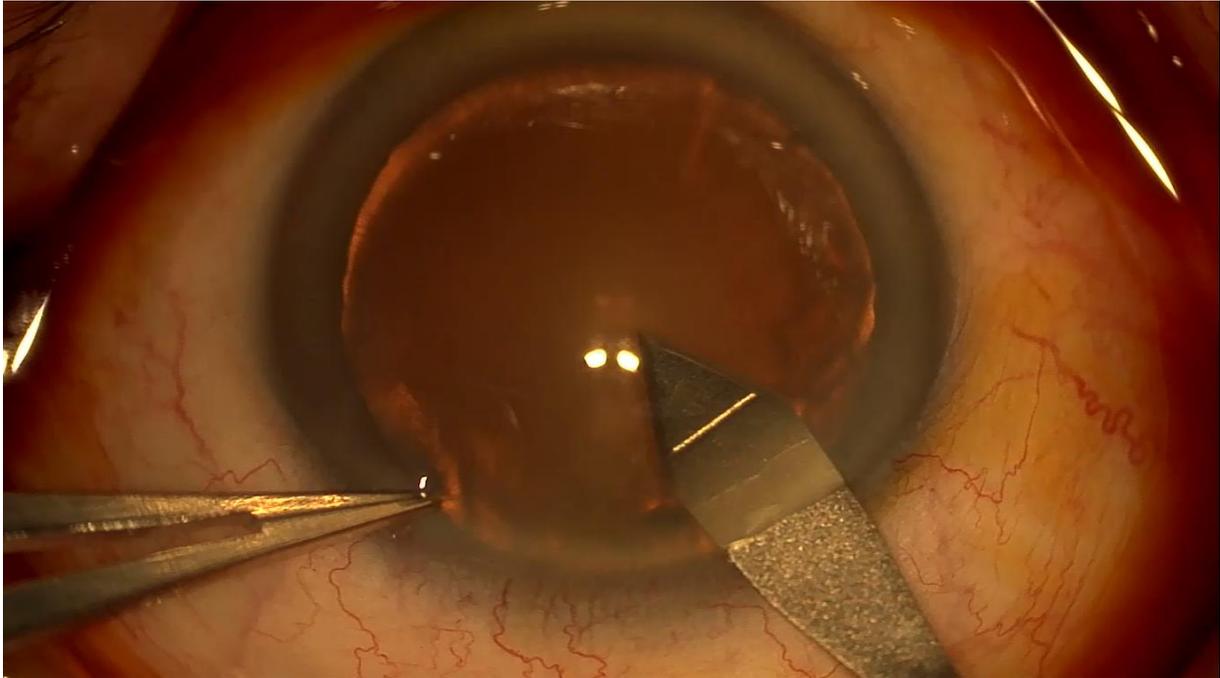


Figure 12. *Incision principale : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

3.2. Injection de la Substance viscoélastique (dispersive):

Elle correspond en général à l'étape qui sépare les 2 incisions précédemment décrites. Son rôle est de maintenir la profondeur de la chambre antérieure, protéger les structures intraoculaires et réaliser le capsulorhexis.

3.3. Capsulorhexis :

Il représente la méthode de choix de capsulotomie antérieure dans la phacoémulsification car il laisse le sac capsulaire qui sert après à l'implantation du cristallin artificiel intact. Le capsulorhexis est débuté en général avec le kystitome (la technique utilisée à Tourcoing et Douai) (figure 13), puis continué avec la pince à capsulorhexis pour avoir une découpe circulaire de la capsule antérieure de 5 à 6 mm de diamètre (figure 14).

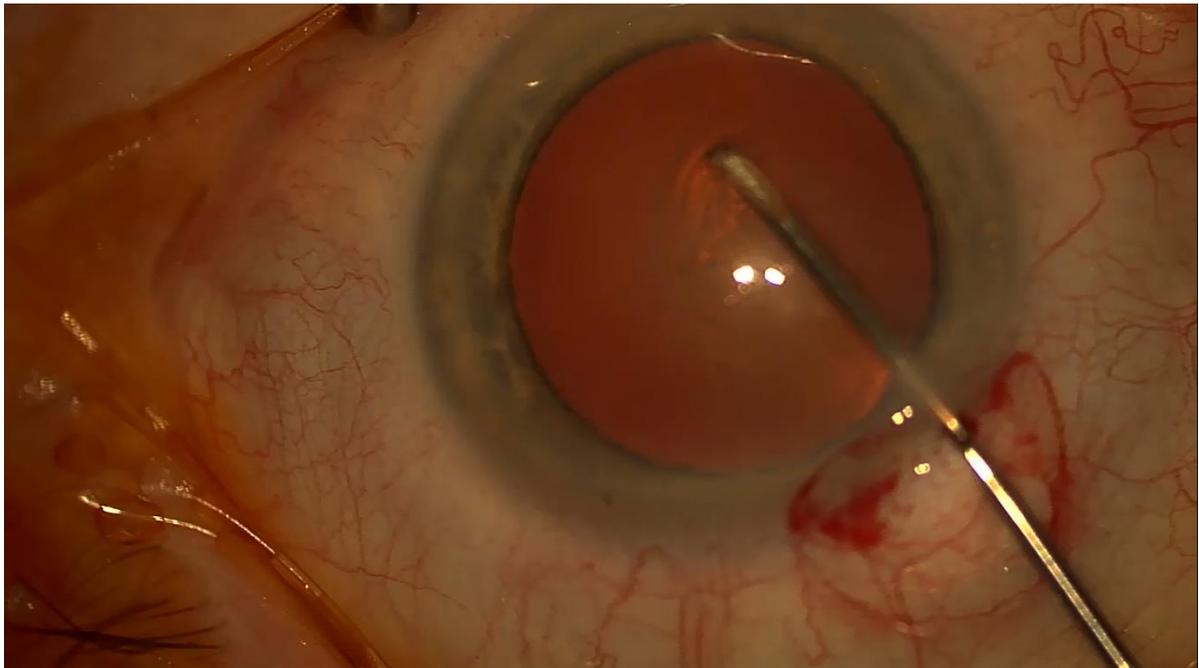


Figure 13. *Capsulorhexis débuté avec le kystitome : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

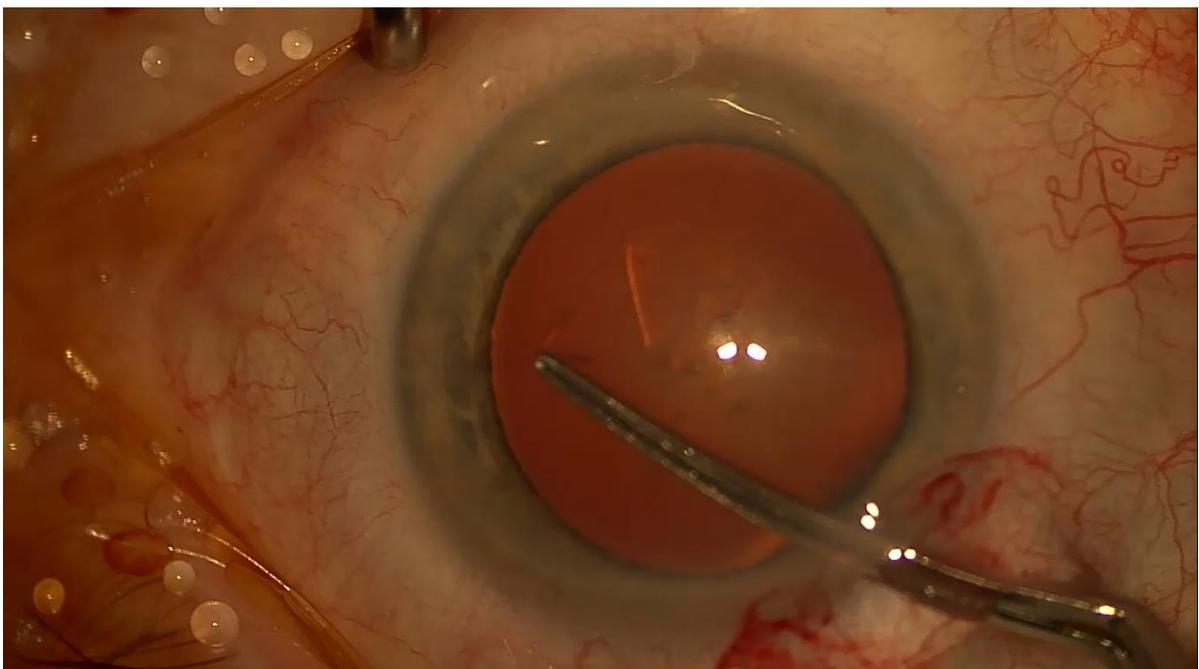


Figure 14. *Capsulorhexis à l'aide d'une pince à capsulorhexis : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

3.4. Hydrodissection :

L'hydrodissection (figure 15) consiste à injecter grâce à une canule fine spécifique, sous la face postérieure de la capsule antérieure, du liquide entre la capsule et le cortex pour les séparer. Ce temps opératoire est impératif pour mobiliser le noyau.

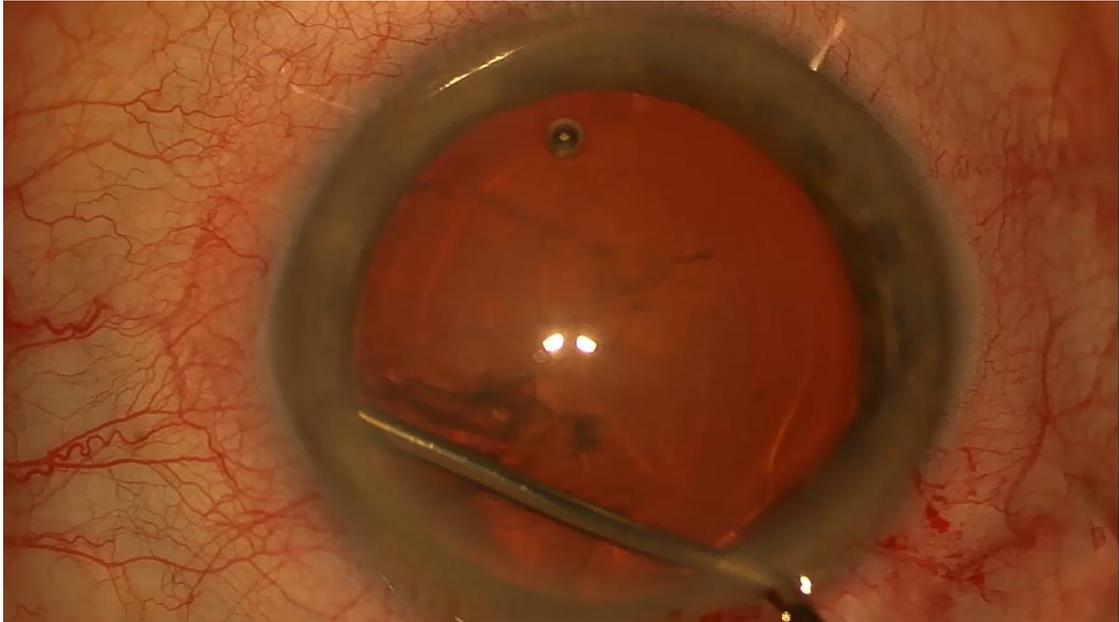


Figure 15. *Hydrodissection : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

3.5. Fragmentation et aspiration du cristallin :

Cette étape commence par la sculpture, en utilisant les ultrasons d'une puissance réglée selon la dureté de la cataracte, de deux sillons perpendiculaires de 3 mm de large environ, qui partage le noyau en quatre quartiers de tailles équivalentes (figure 16). La profondeur du sillon s'apprécie sur la réapparition de la lueur pupillaire.

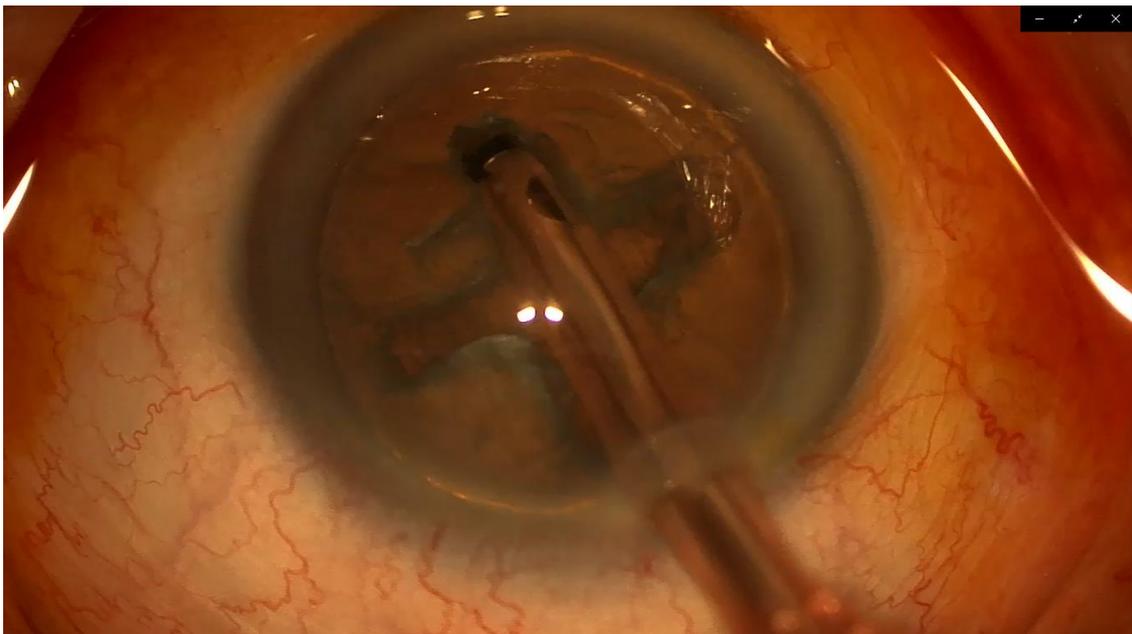


Figure 16. *Sculpture/sillons : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

Après, on sépare les quatre quartiers en utilisant la technique du « craking » à l'aide du biseau de la sonde à ultrasons et du micromanipulateur placés le plus profondément possible dans les sillons, puis on écarte l'un de l'autre pour casser le noyau en quatre parties (figure 17).

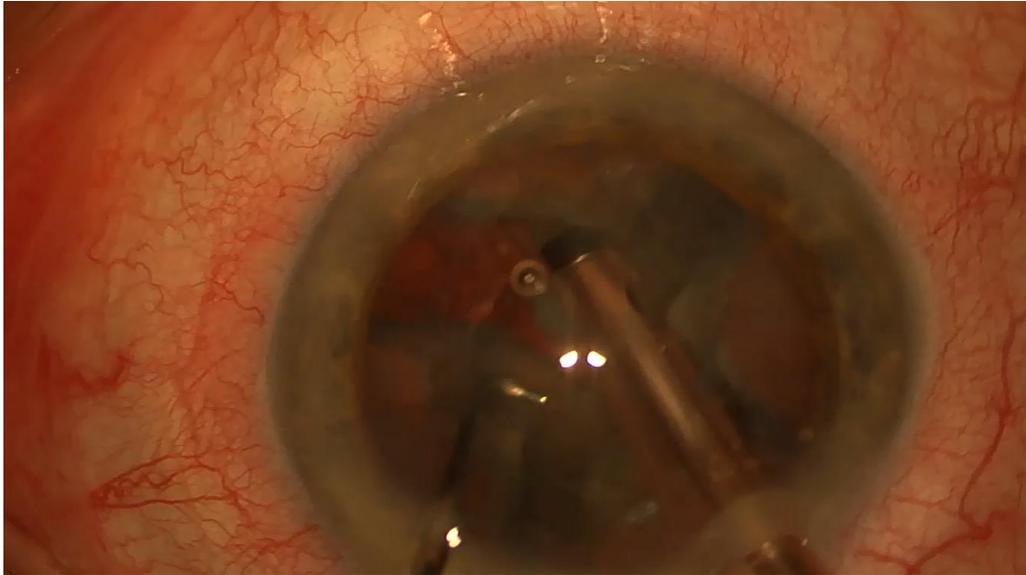


Figure 17. *Craking : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

Les quartiers séparés sont après attirés vers le centre et émulsifiés l'un après l'autre (figure 18). Les masses restantes sont ensuite aspirées à l'aide d'une sonde irrigation-aspiration (I/A) (figure 19). Enfin, un polissage de la capsule antérieure et postérieure est fait, ce qui permet de nettoyer la capsule afin d'obtenir un meilleur résultat visuel.

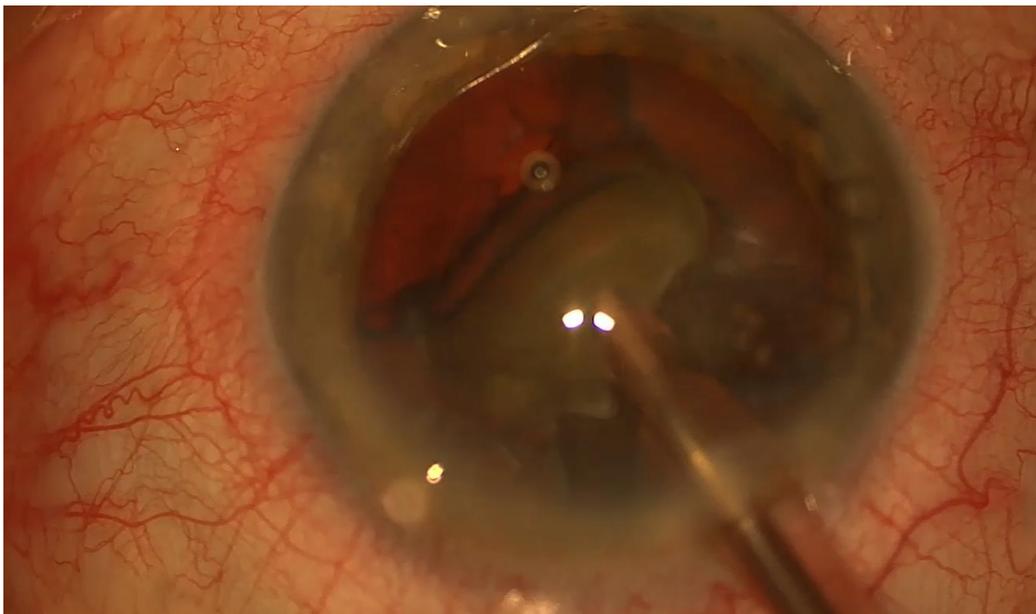


Figure 18. *Emulsification des quartiers : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

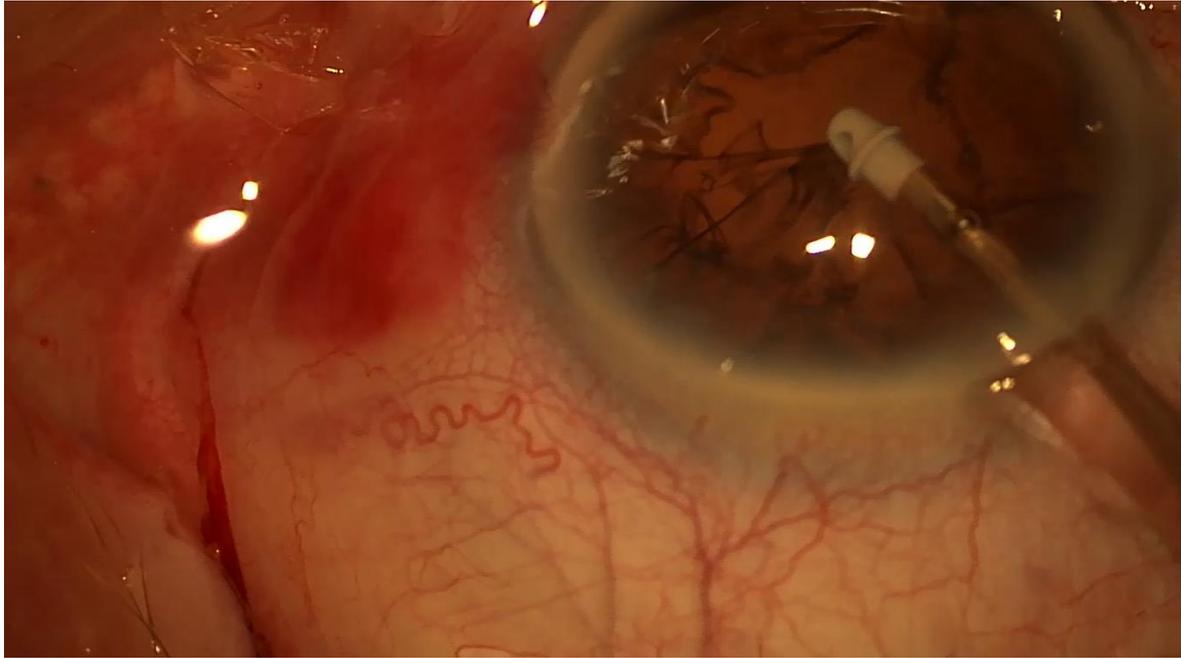


Figure 19. *Aspiration des masses : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

3.6. Injection de la substance viscoélastique (cohésive) :

Cette manœuvre aide à ouvrir le sac capsulaire en écartant le feuillet antérieur du feuillet postérieur et permettant un dépliement lent de l'implant artificiel (figure 20).

Le produit utilisé à Tourcoing et Douai était PROVISC® chez Alcon.

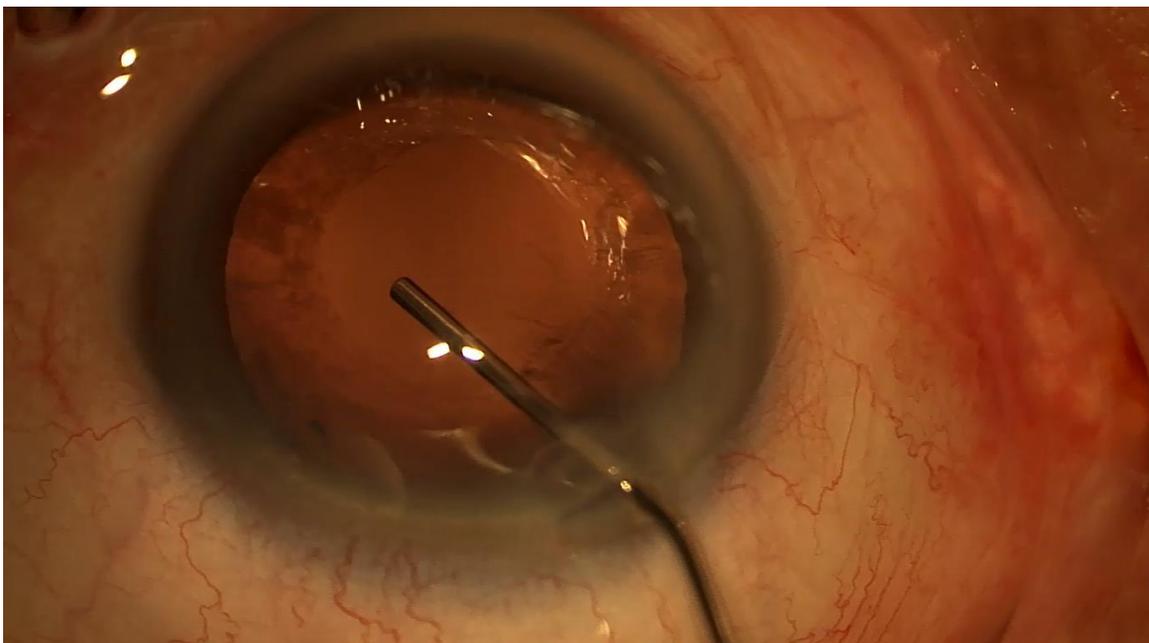


Figure 20. *Injection de la substance viscoélastique (cohésif) : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

3.7. Implantation :

3.7.1. Description de l'étape :

Les implants sont soit préchargés en amont dans l'injecteur soit introduits en anses repliées dans une cartouche jetable remplie avant par une substance viscoélastique cohésive puis placés à l'extrémité de l'injecteur. L'implant est finalement injecté à travers l'incision principale qui n'aura pas été obligatoirement agrandie (figure 21). Finalement, l'implant est centré dans l'axe en général dans le sac (ou rarement entre la capsule antérieure et l'iris), voire tourné selon un axe s'il s'agit d'un implant torique à l'aide du micromanipulateur.

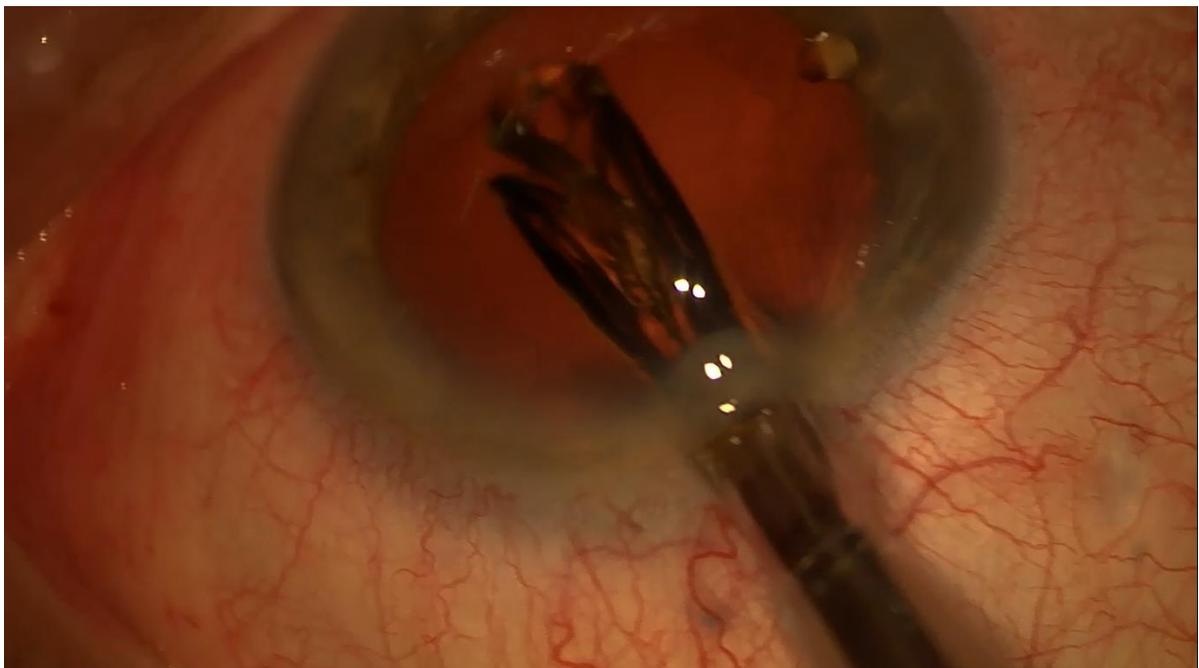


Figure 21. *Implantation : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

3.7.2. Classification des implants :

Selon leurs caractéristiques les implants peuvent être classés en (53) (65) :

3.7.2.1. *Implants acryliques :*

3.7.2.1.1. *Implants acryliques hydrophobes :*

Ce sont des implants souples acryliques. Ils sont obtenus à partir de polymères et/ou copolymères réticulés d'acrylates, à teneur hydrique variable, plus ou moins perméables. Ils sont hydrophobes et flexibles et ils ont d'excellentes qualités optiques. Les

optiques acryliques souples contiennent en général des substances absorbant les UV. À la température corporelle, leur indice de réfraction est très élevé se situant entre 1,49 et 1,56.

3.7.2.1.2. *Implants acryliques hydrophiles/hydrogels :*

Ils sont composés de poly-HEMA ou PHEMA (polyhydroxyéthyl méthacrylate) qui augmente son indice de réfraction à 37°C. Ce caractère lui permet de diminuer notablement son épaisseur. Très biocompatible, son hydratation le rend malheureusement très fragile. Les taux d'opacification capsulaire postérieure peuvent être plus élevés avec les implants d'hydrogel qu'avec d'autres matériaux (66) (67).

3.7.2.2. *Implants silicones :*

Ce sont des implants pliables, hydrophobes. Ils ont une optique en élastomère de silicone. Ces implants possèdent une bonne biocompatibilité et d'excellentes qualités optiques. Les dernières générations sont composées de polydiméthylsiloxane, d'indice de réfraction plus élevé à 1.46 diminuant ainsi d'un tiers l'épaisseur de l'implant, avec adjonction de substances absorbant les UV.

3.7.2.3. *Implants rigides :*

Ils sont entièrement fabriqués à partir de polyméthylméthacrylate (PMMA). Ils nécessitent une incision plus grande de 5 ou 6 mm. Les taux d'opacification capsulaire postérieure sont plus élevés avec des lentilles PMMA que le silicone et l'acrylique. Certains chirurgiens privilégiaient les implants revêtus d'héparine dans les yeux uvéitiques, en particulier chez les enfants.

3.7.2.4. *Implants à bords carrés :*

Ils sont associés avec un taux d'opacification capsulaire postérieure significativement plus faible que les implants à bords arrondis. Ils sont actuellement les prédominants. Cependant, les bords carrés peuvent être associés à un taux plus élevé de dysphotopsie.

3.7.2.5. *Implants avec filtres de lumière bleue :*

Bien que pratiquement toutes les LIO contiennent des filtres de lumière ultraviolette, un certain nombre inclue également des filtres pour la lumière bleue afin de réduire la possibilité théorique d'endommager la rétine par cette lumière visible à plus haute énergie. Les filtres bleus confèrent une légère teinte jaune à l'implant. Quelques preuves suggèrent une fonction visuelle légèrement plus faible en scotopique avec ces implants.

3.7.2.6. *Implants revêtus d'héparine :*

Le revêtement d'héparine réduit l'attraction et l'adhérence de cellules inflammatoires, en particulier dans le cadre d'une uvéite. Cependant, il n'y a aucune preuve évidente sur le bénéfice clinique de ce revêtement de l'héparine, ni sur le meilleur type d'implant pour une utilisation en chirurgie de la cataracte sur les yeux atteints d'uvéite.

3.7.2.7. *Implants 3 pièces ou à anses rapportées :*

Ces implants possèdent 2 anses fines et arrondies accrochées à des optiques plus larges en général par rapport aux implants monobloc. Ils sont utilisés dans plusieurs situations, par exemple dans le cadre d'un emplacement étroit de l'implant comme l'implantation dans le sulcus ou dans le cadre d'une technique *piggyback*, dans le cadre d'une maladie nécessitant une bonne vision périphérique du fond de l'œil (Diabète) ou dans le cas d'une fixation sclérale par tunnelisation sclérale des anses.

3.7.2.8. *Implants monofocaux :*

La puissance optique de l'implant monofocal est choisie selon les résultats de la biométrie qui repose sur la mesure de la longueur axiale et la mesure de la kératométrie. La puissance de l'implant est calculée pour la meilleure vision en général, de loin ou de près, dans certains cas (patient myope fort qui préfère avoir une vision de près sans lunettes, vision à bascule pour corriger une presbytie...).

3.7.2.9. *Implants toriques :*

Ces implants traitent efficacement les patients atteints d'astigmatisme cornéen au cours d'une chirurgie du cristallin.

3.7.2.10. *Implants multifocaux :*

Ces implants corrigent l'aphakie, l'astigmatisme cornéen et la presbytie en une seule étape lors d'une chirurgie du cristallin.

3.7.2.11. *Implants asphériques :*

Ils corrigent les aberrations sphériques cornéennes et améliorent le contraste, en particulier, dans des conditions mésopiques.

3.7.2.12. Implants accommodatifs :

Ces implants permettent la restauration de l'accommodation. Ils modifient leur forme et/ou leur position dans le sac capsulaire sous l'effet du réflexe d'accommodation induisant une contraction du muscle ciliaire.

3.7.2.13. Implants ajustables :

Ce sont des implants en matériau silicone photosensible. Leurs puissances réfractives, sphériques et cylindriques ainsi que leurs asphéricités peuvent être ajustées de façon non invasive par la lumière LAL® (Light-Adjustable Lens), en postopératoire après implantation intraoculaire. Ils sont, ensuite, « verrouillés » définitivement par irradiation UV externe.

3.8. Aspiration des substances viscoélastiques :

Cette étape s'effectue avec la sonde IA (figure 22) pour prévenir les hypertopies précoces liées à la substance viscoélastique.

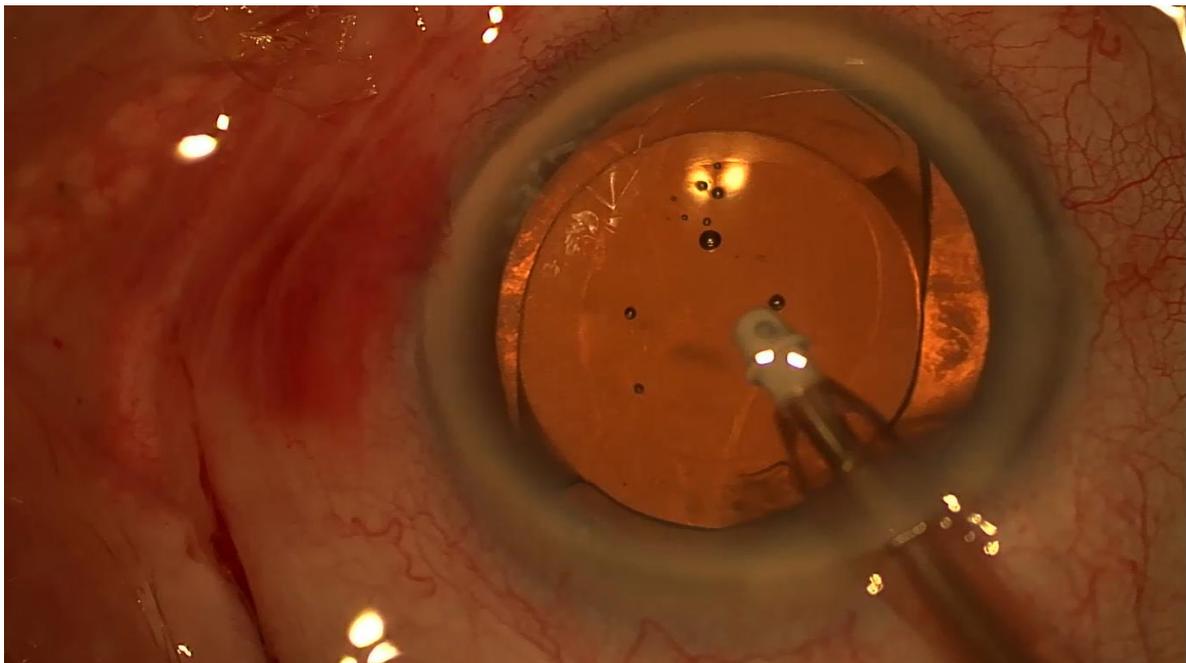


Figure 22. *Aspiration des substances viscoélastiques : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

3.9. Fermeture de l'incision :

L'étanchéité de l'incision est assurée en injectant une solution saline équilibrée dans ses berges (hydrosuture) ce qui va les accoler et éviter les fuites de la chambre antérieure (figure 23).

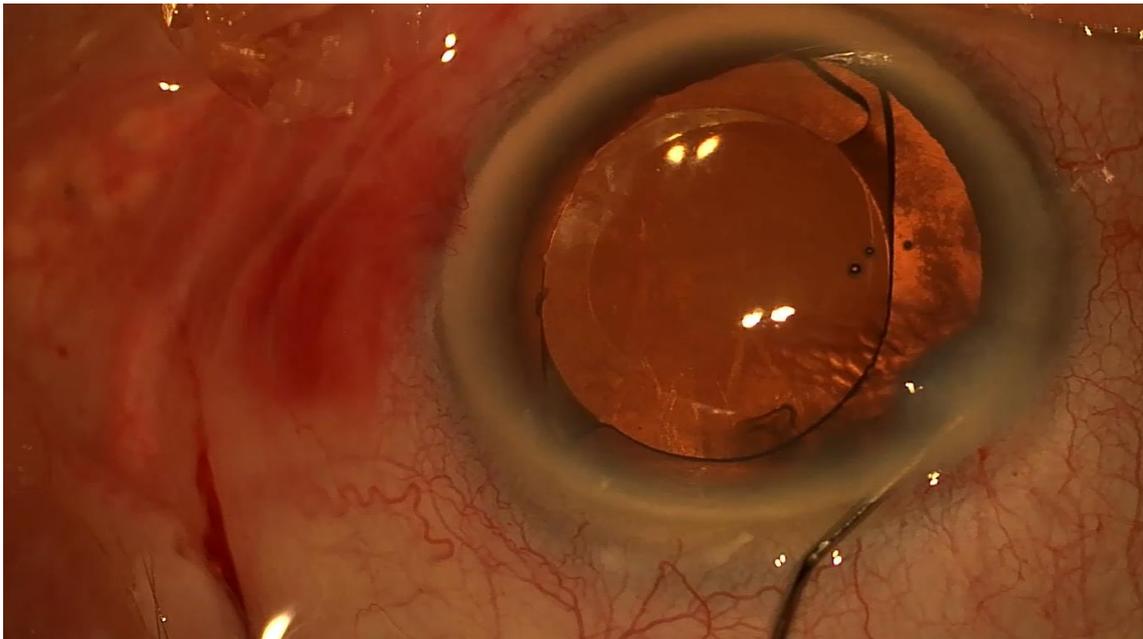


Figure 23. *Fermeture de l'incision (hydrosuture) : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

3.10. Antibioprophylaxie peropératoire :

L'antibioprophylaxie, par injection intracaméculaire de 0,1 ml de céfuroxime en fin d'intervention (figure 24) et en l'absence d'allergie connue aux céphalosporines, est un consensus en France. La prise de lévofloxacine par voie orale est recommandée en cas de contre-indication.

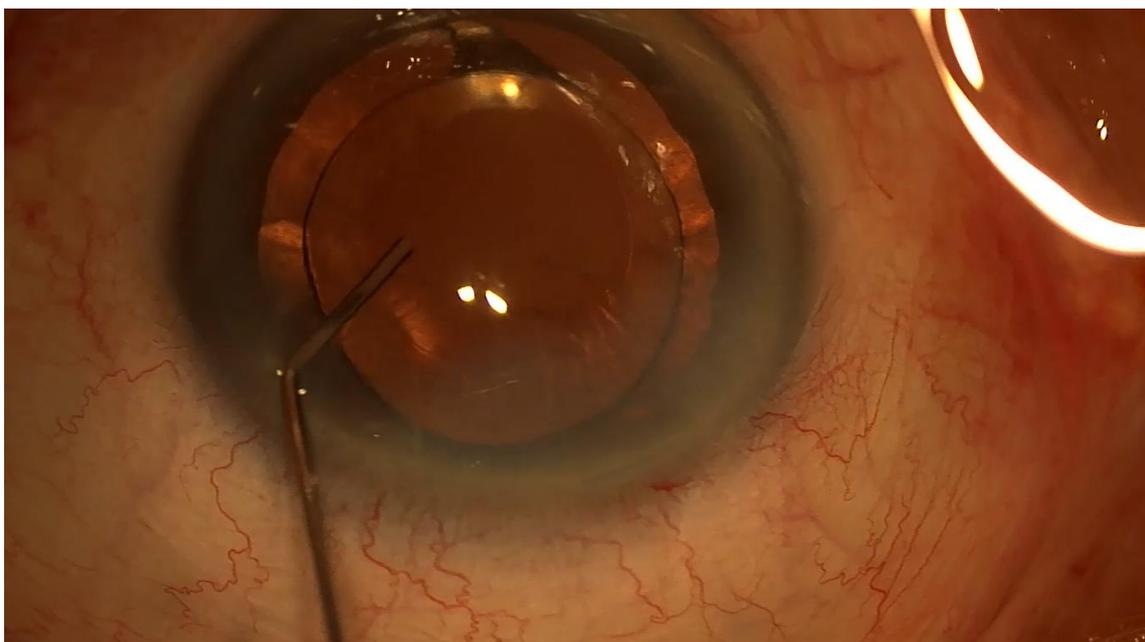


Figure 24. *Injection intracaméculaire de céfuroxime : Service d'ophtalmologie de DOUAI (avec l'aimable autorisation du Dr ICHALALEN).*

4. Complications de la phacoémulsification (53) (65):

4.1. Complications Peropératoires :

4.1.1. Rupture capsulaire postérieure :

Dans le cas d'une ouverture limitée sans issue de vitré, on injecte une solution viscoélastique pour repousser le vitré en arrière. On termine l'intervention prudemment par l'aspiration des masses restantes avec la sonde d'irrigation-aspiration, en mettant la perfusion le plus bas possible. Pour régulariser l'ouverture capsulaire, on peut réaliser un capsulorhexis postérieur. L'implantation se fait alors dans le sac, si cela est possible, ou en cas de large brèche capsulaire, dans le sulcus.

L'issue de vitré (68) (69) (70) (71) se produit suite à un refend dans le capsulorhexis, un mauvais contrôle d'un noyau trop dur ou du micromanipulateur, un contact direct de la sonde à ultrasons avec la capsule postérieure ou quelques fois lors de l'hydrodissection. L'aspiration des masses se fait sous basse perfusion. Il faut réinjecter du viscoélastique et réaliser une vitrectomie antérieure soigneuse. Après implantation, il faut vérifier l'absence de vitré dans l'incision en passant le micromanipulateur dans le plan de l'iris et en injectant de l'air en chambre antérieure.

En présence de signes de chute possible du noyau, il faut le maintenir dans le plan de l'iris en lui injectant une solution viscoélastique au-dessous de celui-ci et convertir immédiatement pour extraire le cristallin par des manœuvres extracapsulaires manuelles de pression-contrepression prudentes.

Malheureusement, dans quelques cas, malgré les efforts du chirurgien, le noyau plonge dans le vitré. Il faut aspirer les masses de la façon la plus complète possible. L'incision est alors suturée de façon provisoire, dans un premier temps. Le noyau est repêché et ramené en chambre postérieure à l'aide du Fragmatome, pour simplifier l'émulsification et l'aspiration totale du noyau. Ensuite, un nettoyage périphérique est entrepris au vitréotome pour récupérer les masses restantes. L'implant est placé dans le sulcus s'il persiste un plan zonulaire intact après réouverture de l'incision (72).

La luxation de l'implant intraoculaire dans la cavité vitrénne par une déhiscence capsulaire postérieure est rare. Le traitement implique une vitrectomie par la pars plana avec

retrait de l'implant, repositionnement ou échange en fonction de l'étendue du support capsulaire.

La rupture capsulaire postérieure peut se compliquer par une hémorragie vitréenne, un décollement de la rétine, une endophtalmie, une corectopie, un glaucome malin, une uvéite et un œdème maculaire chronique.

4.1.2. Complications capsulaires antérieures :

La complication principale se définit par la survenue des traits de refend avec un risque très important de refend postérieur et donc de luxation du noyau dans le vitré. Cette complication peut se produire pendant la réalisation du capsulorhexis par embrochage du bord du capsulorhexis par la sonde à ultrasons ou avec la sonde d'irrigation-aspiration.

Si cette complication se produit, l'ablation du noyau doit être la moins traumatisante possible en évitant soigneusement les manipulations dans les zones du refend et l'ablation du cortex se termine par ces zones. L'implantation doit être prudente, on place les anses à 90° du ou des traits de refend sans mouvement de rotation si possible.

4.1.3. Complications zonulaires :

La rupture zonulaire se manifeste par une visibilité anormale de l'équateur du sac cristallinien qui est attiré par l'embout de la sonde à ultrasons par une mobilité anormale du sac lors de la découpe des sillons, par une chambre antérieure trop profonde et une concavité de l'iris ou par l'impossibilité de tourner le noyau lors de sa découpe, après une bonne rotation initiale de ce dernier au moment de l'hydrodissection.

Les facteurs de risque sont (73) : Antécédents de vitrectomie, myopie forte ou traumatisme, excès de pression ou mobilisation exagérée du noyau.

En cas de rupture zonulaire, il faut baisser la perfusion, luxer le noyau en chambre antérieure pour le fragmenter en bimanuel. En cas d'issue de vitré importante, le noyau sera mieux extrait à l'anse (convertir en extracapsulaire classique). Une vitrectomie antérieure est ensuite réalisée et une fixation irienne ou sclérale de l'implant est alors discutée.

La pose d'un anneau de tension capsulaire limite les contractions du sac responsables de décentrement de l'implant.

4.1.4. Complications hémorragiques

4.1.4.1. *Hémorragie expulsive :*

Les facteurs de risque sont la myopie, la présence de pathologie cardiovasculaire, l'issue de vitré et les larges incisions. Elle est possible aussi bien que la chirurgie soit pratiquée sous pression positive avec une incision courte (74).

Le risque est l'extériorisation du contenu oculaire ou l'accolement des surfaces rétiniennes sur cette hémorragie suprachoroïdienne par rupture de l'artère ciliaire postérieure. Cette complication est extrêmement rare (0.04%).

Une fois cette complication se produit, il faut injecter en urgence du produit viscoélastique et suturer rapidement l'incision avec L'association d'un traitement hypotonisant intraveineux composé de Diamox® et de Mannitol®, ainsi qu'un traitement anti-inflammatoire par corticoïdes. Dès la liquéfaction de l'hématome, vers le dixième jour, le drainage des poches de sang sous-choroïdiennes peut être envisagé.

4.1.4.2. *Autres complications hémorragiques :*

Un saignement peut être difficilement évité pendant la tunnellation sclérale. Ce risque hémorragique diminue avec l'incision en cornée claire.

Une hyphéma peut être provoquée sur une iridodialyse lors de l'introduction de la sonde. La prise en charge se caractérise par un remplissage de la chambre antérieure d'air pour favoriser l'hémostase, mais il en résulte souvent un myosis gênant à la suite de l'intervention.

4.1.5. Complications iriennes :

Il existe plusieurs types de lésions qui peuvent affecter l'iris lors d'une phacoémulsification : iridodialyse, atrophie en secteur par une brûlure du stroma irien, hernie irienne, aspirations de l'iris avec un largage pigmentaire.

4.1.6. Complications cornéennes :

4.1.6.1. *Déchirure descémétique :*

Elle se produit dans 0.5% (75) des cas pendant l'incision ou lors de l'introduction de la sonde à ultrasons. L'injection d'une solution viscoélastique au niveau de l'incision et l'introduction de la sonde biseau dirigée vers le bas peuvent aider à éviter cette complication.

Les larges déchirures sont remises en place avec une spatule ou avec du produit viscoélastique. Puis un tamponnement par une bulle d'air est effectué dans la chambre antérieure en fin d'intervention. Une suture au monofilament 10-0 est nécessaire si le décollement dépasse un tiers de la surface cornéenne.

4.1.6.2. Pertes cellulaires endothéliales :

La perte en cellules endothéliales moyennes, toujours d'origine mécanique (noyau, sonde à ultrason, implant...), est de 10 % pour les phacoémulsifications avec traitement du noyau en chambre postérieure (76).

Il faut protéger l'endothélium cornéen pour minimiser cette complication en injectant une solution viscoélastique à haut pouvoir de cohésion, en plaçant la sonde le plus loin possible de la cornée, en limitant au maximum le temps d'ultrasons et en utilisant des implants pliables et des injecteurs permettant de diminuer les manœuvres nécessaires à son introduction.

4.1.6.3. Œdème de cornée :

Les patients qui risquent de développer une décompensation cornéenne après la phacoémulsification sont identifiés par une inspection minutieuse de l'endothélium cornéen en préopératoire ou par la microscopie spéculaire aussi bien en pré- qu'en postopératoire. L'incidence de l'œdème cornéen est actuellement inférieure à 1 % (76) (77).

L'œdème de cornée peut être aussi provoqué lors de l'introduction de la sonde à ultrasons sur la position « irrigation » car l'eau infiltre les lames cornéennes. Il faut donc arrêter l'irrigation pour éviter la propagation de cette opacité gênante mais réversible.

4.2. Complications postopératoires précoces :

4.2.1. Endophtalmie :

Les endophtalmies surviennent en général dans les sept premiers jours postopératoires, au moins dans 0,1% des cas.

En lampe à fente, elles se caractérisent par : une rougeur de l'œil, douleur avec une baisse de l'acuité visuelle, une inflammation en chambre antérieure, un effet Tyndall, un hypopion et une membrane cyclitique le plus souvent.

Le fond de l'œil est flou sur une hyalite. L'échographie en mode B est primordiale pour éliminer un décollement de rétine.

La prise en charge se base sur une antibiothérapie probabiliste par injections intravitréennes et par voie générale. Une vitrectomie est indiquée en cas d'une acuité visuelle initiale inférieure ou égale à la perception lumineuse (PL +).

4.2.2. Syndrome toxique du segment antérieur (TASS : Toxic anterior segment syndrome) :

Ce syndrome est une réaction toxique à l'utilisation de fluide d'irrigation ou de substance viscoélastique inappropriés ou contaminés. Il représente le premier diagnostic différentiel d'une endophtalmie avec une réaction fibrineuse intense (hypopion) et un œdème cornéen apparaissant dans les 12-24 heures après l'opération. Le traitement repose sur des corticoïdes topiques intensifs associés à des cycloplégiques. Le TASS syndrome est un diagnostic d'élimination, il est traité en général comme une endophtalmie.

4.2.3. Hypertonie :

Elle est transitoire et due principalement à l'inflammation postopératoire, à l'insuffisance de lavage du produit viscoélastique et de l'aspiration des masses.

Son traitement repose sur des hypotonisants locaux à type de bêtabloquants, d'inhibiteurs de l'anhydrase carbonique ou d'agonistes alpha-2 adrénergiques. Généralement, une durée de sept jours est suffisante pour normaliser la pression intraoculaire.

4.2.4. Fuite par absence d'étanchéité de l'incision :

Cette complication se marque par un Signe de Seidel qui caractérise la fuite au niveau de l'incision. Le risque est de développer une endophtalmie ou une hypotonie.

4.2.5. Inflammation :

Une inflammation est généralement observée au contrôle, nécessitant un traitement anti-inflammatoire stéroïdien et non stéroïdien postopératoire de manière systématique pour une durée d'un mois.

4.2.6. Luxation secondaire de l'implant :

Cette complication nécessite une reprise chirurgicale rapide pour replacer l'implant dans le sac capsulaire.

4.2.7. Ptosis :

Le ptosis postopératoire est généralement d'origine mécanique. Il est dû aux microtraumatismes liés à l'écarteur des paupières.

4.3. Complications postopératoires tardives :

4.3.1. Décompensation cornéenne :

La décompensation cornéenne peut se produire actuellement dans moins de 1 % des cas (77). Le traitement de l'œdème de cornée se base sur l'utilisation de soluté hypertonique salin et des anti-inflammatoires topiques. Une greffe endothéliale est nécessaire si le dommage cellulaire endothélial est important et l'œdème persiste.

4.3.2. Décollement de rétine :

Le décollement de rétine après chirurgie de la cataracte a actuellement une incidence estimée entre 0,5 et 2 % (78).

Cette complication est favorisée par : les lésions rétinienne dégénératives, les ruptures capsulaires postérieures peropératoires avec issue de vitré (la mobilisation du vitré en peropératoire peut induire des déhiscences iatrogènes), les ouvertures capsulaires postérieures que ce soit en peropératoire ou lors d'une capsulotomie au laser YAG.

4.3.3. Œdème maculaire ou syndrome d'Irvine-Gass :

Cette complication à une incidence de 1 à 2 %. Les signes rapportés par les patients sont une baisse de l'acuité visuelle et des métamorphopsies avec un pic d'apparition à six semaines suivant la chirurgie. L'angiographie de l'œdème maculaire se caractérise par un effet « pooling » par accumulation du liquide intrarétinien résultant de la survenue d'une rupture de la barrière hématorétinienne peropératoire libérant des médiateurs de l'inflammation, responsables de l'œdème maculaire inflammatoire (prostaglandines, cytokines...)

Le traitement, même ne semblant pas satisfaisant, se base sur des corticoïdes locaux associés à des corticoïdes retard ainsi que des anti-inflammatoires non stéroïdiens topiques et oraux. Des injections intravitréennes d'un implant de dexaméthasone peuvent être aussi utilisées.

4.3.4. Rebond inflammatoire :

Le rebond inflammatoire se caractérise par la survenue d'une inflammation à l'arrêt du traitement à un mois, ce qui nécessite la reprise de celui-ci.

4.3.5. Contraction et fibrose capsulaire antérieure (capsulophimosis) :

Cette complication entraîne rarement une baisse d'acuité visuelle. Elle cause plutôt un décentrement de l'implant.

La réalisation d'un capsulorhexis mesurant environ 6 mm et la pose d'anneau de tension capsulaire lors d'une déchissance zonulaire peuvent réduire cette complication.

Le traitement effectué dans la majorité des cas se base sur la réalisation des traits de refend au laser YAG dans le sac capsulaire antérieur ou la reprise chirurgicale éventuelle quand la contraction capsulaire antérieure aboutie à un décentrement complet de l'implant.

4.3.6. Opacification capsulaire postérieure :

L'opacification de la capsule postérieure est due à la prolifération et à la migration des cellules épithéliales cristalliniennes. Elle a été décrite chez 10 à 50 % des patients adultes dans les cinq ans après une chirurgie de la cataracte (79).

Cette opacification existe sous deux formes :

4.3.6.1. *Fibrose* :

Les cellules épithéliales antérieures se transforment en fibroblastes en perdant leur pouvoir de multiplication. Une contraction capsulaire, en général antérieure (capsulophimosis), est donc formée rapidement, généralement en quelques semaines.

4.3.6.2. *Perles d'Hirschberg-Elschnig* :

Les cellules équatoriales du cristallin migrent vers l'axe visuel sur la capsulaire postérieure ou hyaloïdien antérieur (en l'absence de capsule postérieure) en conservant leur pouvoir de multiplication. Cette opacification capsulaire postérieure retentit sur l'acuité visuelle, mais arrive plus tard (quelques semaines à six ans). Elle nécessite une ouverture au laser NdYAG.

Pour prévenir la survenue de cette complication fréquente, il faut une chirurgie la moins traumatique possible tout en évitant le contact des sondes avec l'iris (80) (La présence de cellules inflammatoires et de sang favorise son incidence) et une implantation strictement intrasacculaire (Il faut éviter particulièrement un mauvais positionnement des anses hors du sac capsulaire).

Pour diminuer le risque de cette opacification, il faut choisir la nature du biomatériau de l'implant, avec l'utilisation d'implants acryliques à bords carrés et le recouvrement de l'optique par le bord antérieur du capsulorhexis, ainsi qu'un contact entre l'optique de l'implant et la capsule postérieure permettant de diminuer la migration cellulaire.

Les implants à haptiques circulaires voire les anneaux de tension capsulaires peuvent aussi diminuer l'incidence de la cataracte secondaire (81).

5. Techniques alternatives :

5.1. Extraction extra-capsulaire manuelle :

Cette technique est encore largement utilisée dans quelques pays moins développés, elle garde encore son indication, dans les pays développés, dans certains cas :

- Les cataractes très avancées où la phacoémulsification est très dure, voire impossible, qui peut être très nocive pour l'endothélium cornéen.
- Les cas de combinaison de l'opération de la cataracte, avec une greffe cornéenne, dans les cas où la phacoémulsification est impossible, car mauvaise visibilité, chambre antérieure instable et pour préserver l'endothélium du greffon.
- En présence de signes de chute possible du noyau, au moment d'une phacoémulsification.

La technique consiste à effectuer une incision sur 100-120° (6 à 7 mm), un capsulorhexis ou une capsulotomie après une stabilisation de la chambre antérieure par une solution viscoélastique, une hydrodissection suivie par une luxation du noyau avec une spatule ou par pression-contre pression sclérale, puis une aspiration des masses corticales restantes, pour finir par une suture de l'incision cornéenne (82).

Cette technique ancienne a le plus grand inconvénient d'une incision large. Ce qui induit une chambre antérieure moins stable par rapport à la phacoémulsification, avec un risque accru d'hémorragie expulsive en peropératoire et un astigmatisme postopératoire plus marqué (83).

Avec cette technique, on garde généralement un sac capsulaire permettant l'implantation de cristallins artificiels dans la chambre postérieure.

5.2. Extraction intra-capsulaire (84) :

Cette technique consiste à une extraction complète du cristallin dans son sac capsulaire qu'on utilise comme support pour l'implantation de cristallin artificiel, dans l'extraction extra capsulaire. Il faut utiliser, donc, un autre support pour l'implantation (fixation sclérale ou irienne).

Après une très large incision de 140 à 150° (9 mm), L'extraction se fait par une cryoextraction (à l'aide d'une cryode fine froide) et la zonulolyse enzymatique (Alphachymotrypsine®). Une iridectomie, qui doit toujours précéder la cryoextraction, est nécessaire pour prévenir le risque d'hypertonie par blocage pupillaire postopératoire, due à l'aphakie. Enfin l'incision est suturée.

L'indication principale de cette technique est la rupture zonulaire large avec luxation incomplète du cristallin.

Les complications de cette technique ressemblent à celles de l'extraction extra-capsulaire avec un risque de gelure de la cornée et/ou l'iris et un risque d'issue de vitré.

VI. Astigmatisme :

Le mot astigmatisme, d'étymologie grecque, provient de « stigma » (le point) précédé du préfixe privatif « a ».

En optique géométrique, un système optique parfait est qualifié de « stigmat » quand la focalisation d'un point objet en un point image unique.

L'astigmatisme est la perte du caractère ponctuel de l'image lorsque la puissance optique de l'œil diffère selon l'axe du méridien considéré.

L'astigmatisme total de l'œil correspond à la somme de l'astigmatisme cornéen et l'astigmatisme interne. Ils correspondent à la différence des puissances dioptriques entre les deux méridiens principaux de la cornée et à l'astigmatisme interne qui correspond à l'astigmatisme cristallinien sur lequel on ajoute, rarement, un astigmatisme dû à une anomalie du segment postérieur.

1. Astigmatisme cornéen :

L'astigmatisme cornéen, à sa quasi-totalité, correspond à la kératométrie de la face antérieure de la cornée qui sépare deux milieux d'indices différents. Il peut être décrit selon sa symétrie (régulier ou irrégulier) et selon son orientation (régulier direct ou conforme à la règle, quand le méridien le plus cambré est à $90^{\circ} \pm 30^{\circ}$), régulier inverse (contraire à la règle, quand le méridien le plus cambré est à $180^{\circ} \pm 30^{\circ}$) ou régulier oblique quand le méridien le plus cambré est entre les deux).

L'astigmatisme cornéen postérieur est négligeable car la face postérieure de la cornée sépare deux milieux d'indice de réfraction sensiblement égaux. Il est rare qu'une pathologie de la surface postérieure de la cornée (kératocône postérieur) induise un astigmatisme conséquent. Selon les études, nous retrouvons des valeurs de 0,25 à 0.30 dioptries (D) en moyenne avec un axe vertical (85) (86).

1.1. Astigmatisme régulier :

L'astigmatisme régulier se calcule par la différence entre le méridien le plus plat et le plus cambré qui sont perpendiculaires l'un à l'autre. Le pouvoir réfractif de la cornée en chacun de ses points est égal à un point correspondant de l'hémi méridien situé à 180 degrés.

Dans l'astigmatisme régulier, un point objet se réfracte en un faisceau lumineux de géométrie particulière appelé « conoïde de Sturm » (87) (figure 25). La section de ce faisceau a une forme d'ellipse d'axe variable qui s'aplatit progressivement pour devenir une droite, la droite focale antérieure correspondante au méridien le plus cambré. Par la suite, le faisceau va diverger en s'arrondissant, donnant le cercle de moindre diffusion, défini comme l'équivalent sphérique de la lentille cylindrique, pour devenir une ellipse de plus en plus plate jusqu'à l'obtention d'une deuxième droite dite droite focale postérieure correspondante au méridien le plus plat.

Astigmatism Interval of Sturm

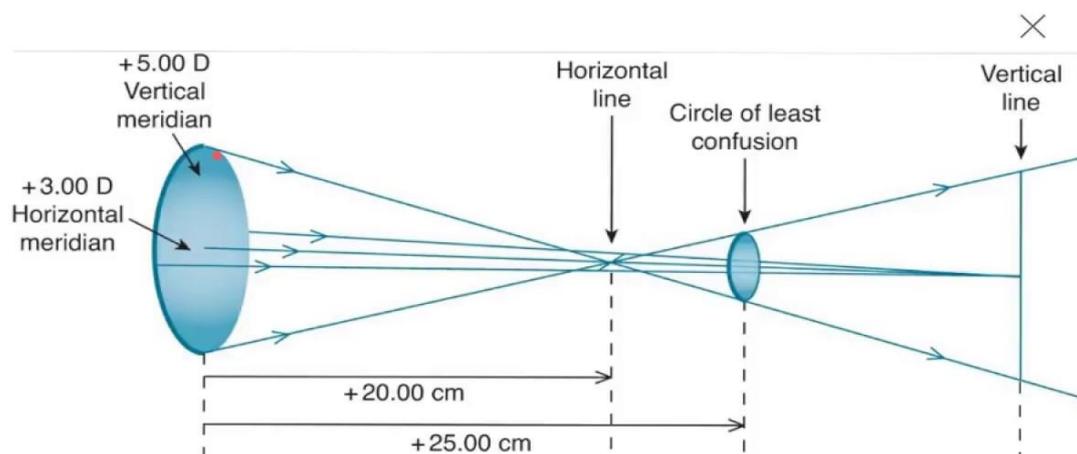


Figure 25. Conoïde de Sturm : l'image se focalise selon les deux axes perpendiculaires aux méridiens principaux. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=yNlkewy53aU>

L'astigmatisme peut être classé en simple, mixte ou composé selon la position des deux droites focales par rapport au plan rétinien. Dans l'astigmatisme simple, l'une des deux focales se projette sur la rétine, la seconde étant placée soit en arrière, soit en avant. Dans l'astigmatisme composé, les deux focales se projettent soit en arrière, soit en avant de la rétine. Dans l'astigmatisme mixte, les deux focales se projettent de part et d'autre du plan rétinien.

1.2. Astigmatisme irrégulier :

Dans l'astigmatisme irrégulier, les deux méridiens cornéens principaux ne sont pas forcément perpendiculaires l'un à l'autre, ni se croisent obligatoirement en leur milieu. Les deux héli-méridiens d'un méridien principal ne sont pas toujours alignés et peuvent avoir des puissances réfractives différentes. La topographie cornéenne est nécessaire pour son analyse. Il

est la conséquence de pathologies cornéennes telles que le kératocône (figure 26, 27), la dégénérescence marginale pellucide ou des modifications traumatiques ou chirurgicales de la cornée.



Figure 26. Photo d'un kératocône

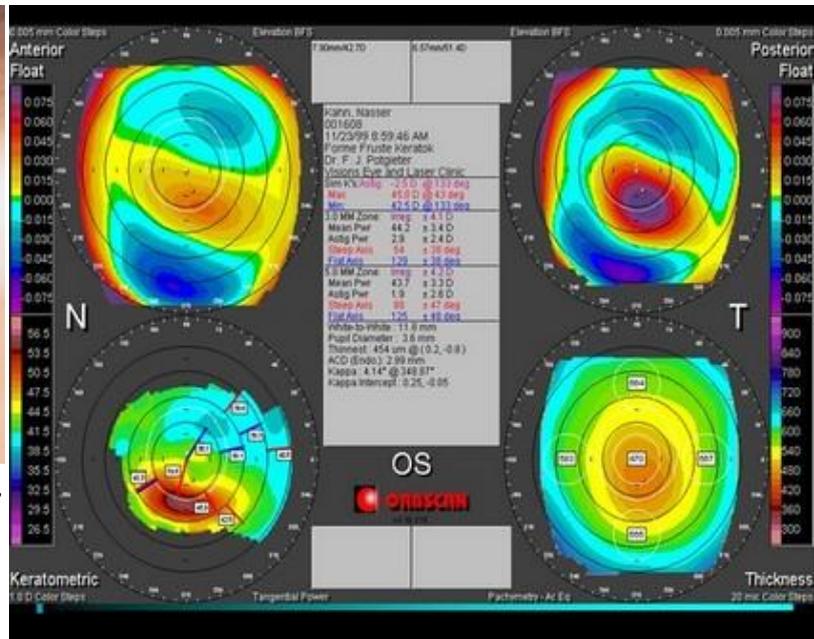


Figure 27. Aspect topographique typique d'un kératocône (ORBSCAN)

2. Astigmatisme interne :

Une simplification de la règle de Javal ($At = 0,5 + 1,25(Ac)$) a été suggérée par Grosvenor, Quintero et Perrigin (88), basée sur les résultats d'une analyse de régression, étudiant la relation entre astigmatisme cornéen et interne : $At = Ac - 0,5$ (At = astigmatisme total, Ac =astigmatisme cornéen). Cette simplification suggère un astigmatisme interne constant à 0,5 D, ce qui a été retrouvé par Dunne et al. avec un axe aux alentours de 100 degrés (89).

Cet astigmatisme est principalement dû au stigmatisme cristallinien, expliqué par le fait que le cristallin ne soit pas rigoureusement situé dans un plan frontal (90). Il peut se majorer lors de subluxation cristallinienne, de luxation, de lenticône ou de cataracte.

L'astigmatisme interne peut être influencé, dans de rares cas, par un astigmatisme d'origine rétinienne. On prend l'exemple du cas du staphylome dans la myopie forte ou autre atteinte pouvant déplacer le plan du pôle postérieur.

3. Moyens d'exploration :

3.1. Kératométrie manuelle :

Elle était mise au point par Von Helmholtz en 1854. Son usage clinique a été simplifié par Javal en 1880 (91).

Il consiste en la projection de deux mires graduées (en millimètres et en dioptries) sur la zone centrale, de 3 mm, qui se reflètent sur celle-ci comme sur un miroir convexe. La séparation de deux points de l'image des deux mires reflétées détermine la courbure cornéenne et le pouvoir réfractif du méridien examiné : 0,1 mm de toricité cornéenne correspond à un astigmatisme de 0,5 D à condition que le rayon cornéen moyen soit proche de 8 mm.

3.2. Kératométrie automatique :

Les kératomètres automatiques, couplés au réfractomètre automatique se sont généralisés grâce à leurs multiples avantages comme leur reproductibilité, leur précision (360 mesures sur 3 mm), leur rapidité (temps de mesure = 0,1 sec (intérêt chez l'enfant)) et leur fiabilité en valeur de kératométrie et d'axe.

3.3. Topographie cornéenne:

La plupart des topographes actuels fonctionnent encore selon le principe de la topographie de Placido, fondée en 1880 (92) par l'ophtalmologiste portugais Antonio Placido. La mesure de la courbure antérieure de la cornée était effectuée à l'aide d'un kératoscope qui projetait une série de mires constituée d'anneaux concentriques également espacés, noirs et blancs, porte le nom de « disque de Placido ». Le fonctionnement repose sur l'analyse informatisée de l'image de réflexion.

Ensuite les vidéo-kératoscopes se sont développées, la cornée étant divisée en une multitude de points avec, pour chacun, une mesure kératométrique ou du degré d'élévation cornéenne représentée par une carte colorée.

L'acquisition directe du relief cornéen a été obtenue en 1990 (92) par la technologie à balayage d'une fente lumineuse développée par Orbtex, puis la technologie Scheimpflug. L'analyse de la surface cornéenne antérieure et postérieure permettait de générer des données d'élévation et de pachymétrie.

3.4. Analyse vectorielle :

3.4.1. Représentation graphique de l'astigmatisme :

Il existe différents outils mathématiques pour représenter graphiquement l'astigmatisme: les coordonnées cartésiennes, les vecteurs, les fonctions sinusoïdales, les matrices et les nombres complexes.

La difficulté se trouve dans la représentation simultanée de l'axe et de la puissance de l'astigmatisme. La représentation la plus simple et la plus cohérente, fréquemment utilisée, est celle qui utilise des vecteurs en coordonnées polaires (axe x puissance). Dans la forme classique, des astigmatismes cliniquement proches situés par exemple sur les axes 5° et 175° apparaîtront diamétralement opposés, ce qui fait croire à une forte différence clinique. Pour résoudre ce problème, Holladay (93) a mis en place une nouvelle présentation, constituée d'un cercle trigonométrique correspondant au graphique des coordonnées polaires de l'astigmatisme avec doublement des angles (figure 28) ce qui permet aux deux axes 0° et 180° de s'unir et donc rapprocher les deux axes 5° et 175° dans notre exemple. Sur cette représentation, l'astigmatisme s'inverse (change de signe) si on fait une rotation de 90° . Les coordonnées des vecteurs peuvent être projetées sur deux vecteurs perpendiculaires de 45° de différence, ce qui permet de convertir les coordonnées polaires en coordonnées cartésiennes (ou rectangulaires), puis de calculer leur somme avant de les reconverter en coordonnées polaires (la méthode des coordonnées polaires).

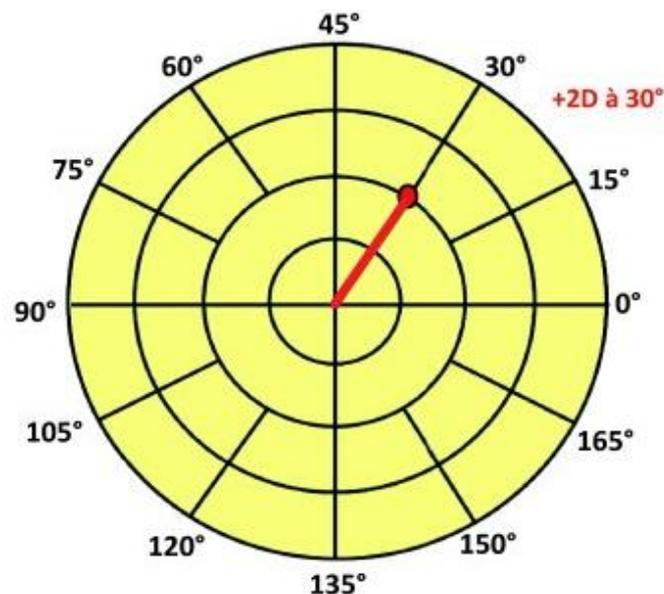


Figure 28. Diagramme de Holladay avec doublement des angles : Représentation d'un astigmatisme de 2 Dioptries à 30° .

3.4.2. Calcul de la variation de l'astigmatisme :

Dans certaines chirurgies, qui peuvent induire une déformation ou un changement de la courbure cornéenne et donc la kératométrie, l'astigmatisme cornéen peut changer. Nous avons donc un astigmatisme chirurgical induit, qui fait évoluer l'astigmatisme préopératoire vers l'astigmatisme postopératoire différent. Pour deviner, de manière précise, l'astigmatisme postopératoire dans le cadre d'une technique chirurgicale reproductible, il faut faire des études qui quantifient l'astigmatisme cornéen chirurgicalement induit (SIA), donc savoir calculer cet astigmatisme et son axe.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour évaluer le SIA après cataracte et chirurgie réfractive (94) (95). L'analyse vectorielle (96) et les coordonnées polaires (97) (98) sont deux des méthodes les plus couramment utilisées. Nous ne détaillerons que la méthode des coordonnées polaires de Naeser qui nous semble la plus simple.

Le principe est d'associer à un astigmatisme deux valeurs : le KP90 et le KP135. Le KP90 représente la composante directe ou indirecte de l'astigmatisme et le KP135 représente la composante oblique.

Pour un astigmatisme de puissance CYL en dioptries et d'axe α en degrés, les formules sont les suivantes (99) :

$$KP90 = CYL \times (\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha)$$

$$KP135 = CYL \times [\sin^2 (\alpha - 45) - \cos^2 (\alpha - 45)]$$

L'astigmatisme induit est calculé à partir des valeurs de KP90 et KP135.

A partir d'un astigmatisme initial a et d'un astigmatisme final b, l'astigmatisme induit de puissance « SIA » en dioptries et d'axe « α_i » en degrés est calculé de la façon suivante :

$$SIA = \pm \sqrt{(\Delta KP90)^2 + (\Delta KP135)^2}$$

$$\text{Avec : } \Delta KP90 = KP90b - KP90a$$

$$\text{Et } \Delta KP135 = KP135b - KP135a$$

$$\alpha_i = \arctan [(\Delta KP90) / \Delta KP135] - 90$$

Etude :

I. MATÉRIELS ET MÉTHODES :

1. Type d'étude :

Il s'agit d'une étude prospective et multicentrique sur une série de cas opérés dans les services d'ophtalmologie des Centres Hospitaliers de TOURCOING et de DOUAI. L'étude est observationnelle, nous n'avons intervenu sur aucune étape de la prise en charge ou du suivi.

2. Population étudiée :

Tous les patients de Tourcoing sont recueillis sur la programmation opératoire du service. Les patients choisis sont tous programmés pour une extraction extra-capsulaire de la cataracte par phacoémulsification. Le recrutement était étendu sur la période du 2 juillet 2018 au 6 août 2018 tous les patients adultes étaient pris sans exceptions d'une façon consécutive. Le Chirurgien senior et ses deux internes (interne 1 en 3ème année et interne 2 en 2ème année) ont effectué l'ensemble des actes chirurgicaux. Tous les comptes rendus opératoires (CRO) sont imprimés, vérifiés et signés avant de les mettre dans les dossiers. Un interne et/ou une infirmière se chargeaient de remplir les informations peropératoires nécessaires pour l'étude.

Les patients de Douai sont recueillis également sur la programmation opératoire du service. Le recrutement de patients est étendu sur la période du 7 mars 2019 au 3 octobre 2019. Les patients étaient inclus sur des journées complètes de bloc d'une façon non consécutive selon les disponibilités de l'interne et/ou une infirmière qui se chargeaient de remplir les informations peropératoires nécessaires pour l'étude. Les patients choisis sont tous programmés pour une extraction extra-capsulaire de la cataracte par phacoémulsification. Le même Chirurgien senior et ses trois internes (interne 3 en 4ème année, interne 4 en 3ème année et interne 5 en 4ème année) ont effectué l'ensemble des actes chirurgicaux. Tous les comptes rendus opératoires (CRO) sont imprimés, vérifiés et signés avant de les mettre dans les dossiers.

Tous les patients recrutés étaient inclus dans l'étude. Le seul critère d'exclusion était les patients mineurs.

L'étude est observationnelle, nous ne sommes pas intervenus dans la distribution de la population entre les opérateurs. Le choix des patients des internes était décidé par le chef senior, après avoir fait les quatre ou cinq premiers patients pour avancer le programme opératoire. Le

chirurgien senior autorise plus ou moins aux internes d'opérer selon l'avancement et la charge du programme, selon la qualité de l'anesthésie et la difficulté de l'opération (patients stressés avec risque de mouvements brusques, œil fonctionnel unique, implant multifocal...).

Au final, nous avons retenu 181 opérations (160 patients). Il y avait 76 opérations à TOURCOING (70 patients) et 105 opérations à Douai (90 patients). Le chirurgien senior avait effectué entièrement seul 105 opérations : 46 opérations à TOURCOING et 59 opérations à DOUAI. Les internes ont participé aux 76 opérations restantes, 30 à TOURCOING et 46 à DOUAI, qui étaient distribuées de la façon suivante :

- Interne 1 : à TOURCOING, 3ème année : 11 opérations.
- Interne 2 : à TOURCOING, 2ème année : 19 opérations.
- Interne 3 : à DOUAI, 4ème année : 31 opérations.
- Interne 4 : à DOUAI, 3ème année : 10 opérations.
- Interne 5 : à DOUAI, 4ème année : 5 opérations.

3. Technique chirurgicale :

Le chirurgien et ses 5 internes ont réalisé l'ensemble des chirurgies de la cataracte en utilisant la même technique de phacoémulsification coaxiale (divide-and-conquer) par une incision cornéenne de 2,2 mm sans suture. Ils effectuaient des incisions supéro-temporales à droite et supéro-nasales à gauche (10 à 11 heures).

Il y avait trois types d'implants utilisés dans les différentes opérations : Sphériques (SN 60 WF ACRYSOF IQ chez Alcon®), toriques (SN 6AT ACRYSOF IQ Toric chez Alcon®) et multifocales (AcrySof® IQ ReSTOR® IOL chez Alcon®).

Le phacoémulsificateur utilisé dans les deux services était Centurion® Vision System chez Alcon®, avec la technologie OZil® (100) définie par un mouvement oscillatoire d'une pointe angulée qui combine un mouvement de torsion au mouvement longitudinal (101) lors du cisaillement du noyau.

4. Données analysées :

Les données ont été recueillies directement en assistant aux blocs opératoires des deux hôpitaux, puis dans le dossier, des données du réfractomètre automatique, des kératométries,

des mesures de biométrie, des observations manuscrites et des comptes rendus opératoires. Pour tous les patients les données peropératoires étaient recueillies, nous n'avons pas pu récupérer tous les dossiers de TOURCOING et quelques dossiers ne contiennent pas de kératométries dans les deux hôpitaux (étude observationnelle).

Les caractéristiques renseignées dans la base de données pour la description de la population sont l'hôpital, le sexe, l'âge, le type d'implant (sphérique, torique, multifocale), le type d'anesthésie, le côté opéré, l'Acuité Visuelle corrigée, la réfraction objective au ticket de l'autoréfraction et l'astigmatisme cornéen préopératoire (kératométrie sur le ticket d'autoréfraction ou sur les biométries préopératoires si absence de la première).

L'astigmatisme cornéen préopératoire a été recueilli à l'aide des tickets d'auto-réfracto-kératomètre NIDEK (TONOREF® II) permettant une mesure objective des rayons de courbure de la cornée sur ses 3 millimètres centraux ou à l'aide du Biomètre optique IOL Master 500® (ZEISS) en cas d'absence de ticket de réfraction. L'unité de kératométrie retenue est la dioptrie.

Les données peropératoires recueillies sont : la participation de l'interne à l'opération et ses étapes, la présence de complications peropératoires, la durée totale de l'opération, la durée de la participation de l'interne et la prise en main par le chirurgien senior par crainte de complication.

Les données postopératoires recueillies sont : la présence d'une complication postopératoire, la satisfaction du patient, l'astigmatisme cornéen postopératoire, la réfraction objective au ticket de l'autoréfraction et l'acuité visuelle corrigée. Les mesures postopératoires retenues ont été faites à 1 mois après l'intervention chirurgicale.

L'astigmatisme postopératoire a été recueilli uniquement à l'aide des tickets d'auto-réfracto-kératométrie NIDEK (TONOREF® II).

Enfin, la base de données a été anonymisée avant l'analyse statistique.

5. Plan d'analyse :

Selon la participation de l'interne, nous avons retenu deux groupes (Chirurgien senior et internes) de prise en charge pour les analyses statistiques, traités par les biostatisticiens. Les caractéristiques de la population ont été décrites pour chacun des deux groupes.

Nous avons classé la technique chirurgicale utilisée en dix étapes pour noter à chaque participation de l'interne toutes les étapes effectuées par celui-ci. Nous avons distribué des

feuilles (document 1) à toutes les personnes qui ont recueillies les données peropératoires dans les deux blocs opératoires. Les étapes étaient classées de la façon suivante :

Étape 1 : Incisions ;

Étape 2 : Capsulorhéxis ;

Étape 3 : Hydrodissection ;

Étape 4 : Sillons ;

Étape 5 : Craking ;

Étape 6 : Retrait des quartiers ;

Étape 7 : Aspiration des masses ;

Étape 8 : Implantation ;

Étape 9 : Aspiration du visqueux ;

Étape 10 : Hydrosuture et injection d'antibiotique.

Les étapes de la cataracte

- 1 : Incisions
- 2 : Capsulorhéxis
- 3 : Hydrodissection
- 4 : Sillons
- 5 : Cracking
- 6 : Retrait des quartiers
- 7 : Aspiration des masses
- 8 : Implantation
- 9 : Aspiration du visqueux
- 10 : Hydrosuture et injection d'antibiotique

Document 1 : Feuille distribuée dans les deux blocs pour noter les étapes des participations des internes.

Le groupe présentant la participation de l'interne était à son tour partagé en deux sous-groupes selon l'année d'internat : un premier sous-groupe pour les internes 3ème année et moins (Internes débutants) et un deuxième sous-groupe pour les internes 4ème année et plus (internes expérimentés). Les caractéristiques de la population ont été décrites pour les groupes de la même façon que les deux groupes principaux du senior et des internes.

Nous avons comparé les groupes de chirurgie sur le critère de jugement principal, qui est la présence d'une complication peropératoire et les critères de jugement secondaires, qui sont la durée de l'opération, la présence d'une complication postopératoire, la satisfaction du patient, la variation d'astigmatisme cornéen (SIA et α_i) entre les mesures postopératoires et préopératoires en utilisant les formules selon la méthode des coordonnées polaires de Naeser, détaillées ci-dessus. Nous avons également comparé les gains en acuité visuelle (AV post opératoire - AV préopératoire) et les résultats réfractifs objectifs (sur le ticket d'auto-réfraction) postopératoires en utilisant l'équivalent sphérique (équivalent sphérique = puissance sphérique + $\frac{1}{2}$ astigmatisme).

La comparaison des paramètres a été effectuée sur les patients opérés par le chirurgien senior et les patients opérés par les internes puis en comparant les patients opérés par les internes débutants et les patients opérés par les internes expérimentés avec un seuil de significativité de $p = 0.05$. Les résultats sont présentés en médiane (m) suivie de son intervalle interquartile (IQR).

6. Analyses statistiques :

Les paramètres qualitatifs ont été décrits en termes de fréquence et de pourcentage. Les paramètres numériques gaussiens ont été décrits en termes de moyenne et de déviation standard et les paramètres numériques non gaussiens en termes de médiane et d'intervalles interquartiles. La normalité des paramètres numériques a été vérifiée graphiquement et testée à l'aide du test de Shapiro-Wilk.

La recherche des facteurs associés à la participation de l'interne a été réalisée à l'aide d'un test du Chi-deux ou de Fisher exact (lorsque les conditions de validité du test du Chi-deux ne sont pas vérifiées) pour les paramètres qualitatifs, à l'aide d'un test du U de Mann-Whitney pour les paramètres continus non gaussiens et à l'aide d'un test de Student pour les paramètres continus gaussiens. La comparaison entre le gain d'acuité visuelle et la participation de l'interne

a été réalisée en ajustant la valeur initiale de l'acuité visuelle en utilisant une analyse de la variance.

La recherche des facteurs associés au niveau de l'interne a été effectuée de manière similaire.

Les statistiques ont été réalisées par l'unité de méthodologie biostatistique du CHRU de Lille. Des tests bilatéraux ont été réalisés avec un niveau de significativité de 5%. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS (SAS Institute version 9.4).

II. RESULTATS :

1. Population :

L'âge moyen de la population étudiée (tableau 1) est de 71.7 ans (41 à 96 ans) avec une légère majorité de femmes à 53% (96 femmes contre 85 homme). Il y a une petite prédominance du côté droit à 55.2% (100 œil droit et 81 œil gauche). La plupart des patients ont une anesthésie locorégionale 86.7% (157 cas). Les opérations effectuées sous anesthésie topique représentaient 11% (20 cas) et finalement les anesthésies générales étaient à 2.2% (4 cas). Les pourcentages des implants sphériques, toriques et multifocaux étaient respectivement : 89.5% (153 cas) ; 9.4% (16 cas) et 1.2% (2 cas) avec 10 données manquantes. L'acuité visuelle préopératoire trouvée chez 169 patients avait une moyenne de 4.6/10 et varie de 0 à 10/10 avec 12 données manquantes.

Tableau 1. Description de la population étudiée

Variable			Descriptif
Nom	Unité	Modalités	N=181
Hôpital	N(%)	DOUAI	105 (58.0)
		TOURCOING	76 (42.0)
Sexe	N(%)	Femme	96 (53.0)
		Homme	85 (47.0)
Âge	Ans	Moyenne ± Ecart-type	71.7 ± 10.3
		Médiane (Q1;Q3)	71.0 (66.0 ; 78.0)
		Minimum Maximum	41.0 96.0
Côté	N(%)	Gauche	81 (44.8)
		Droit	100 (55.2)
Types d'anesthésie	N(%)	Anesthésie locorégionale	157 (86.7)
		Anesthésie topique	20 (11.0)
		Anesthésie générale	4 (2.2)
Types d'implant	N(%)	Sphérique	153 (89.5)
		Torique	16 (9.4)
		Multifocale	2 (1.2)
		Données manquantes	10
Acuité visuelle avant L'opération	Dixième	Données manquantes	12
		Moyenne ± Ecart-type	4.6 ± 2.4
		Médiane (Q1;Q3)	5.0 (3.0 ; 6.0)
		Minimum Maximum	0.0 10.0
Participation de l'interne	N(%)	NON	105 (58.0)
		OUI	76 (42.0)

2. Descriptif par groupes :

Les cinq internes ont eu une seule participation (tableau 2) (une ou plusieurs étapes) dans 84.2% des opérations (64 sur 76 opérations) et plusieurs ou au moins deux participations dans les 15.8% des opérations restantes.

Les trois combinaisons les plus répétées sont :

- De l'étape 1 à 10 (une opération complète) répétées 20 fois (26.3%).
- De l'étape 6 à 10 (du retrait des quartiers jusqu'à la fin) répétées 15 fois (19.7%).
- De l'étape 7 à 10 (de l'aspiration des masses jusqu'à la fin) répétées 10 fois (13.2%).
- De loin arrive la combinaison de l'étape 1 à 3 (du début jusqu'à l'hydrodissection) répétées 4 fois (5.2%).
- Toutes les autres combinaisons étaient répétées trois fois et moins (3.9% et moins).
- Selon chaque étape le nombre de fois que les internes l'ont effectué était :
- 40 fois pour l'étape 1 (52.6% du nombre d'opérations).
- 39 fois pour l'étape 2 (51.3% du nombre d'opérations).
- 36 fois pour l'étape 3 (47.4% du nombre d'opérations).
- 29 fois pour l'étape 4 (38.2% du nombre d'opérations).
- 29 fois pour l'étape 5 (38.2% du nombre d'opérations).
- 49 fois pour l'étape 6 (64.5% du nombre d'opérations).
- 63 fois pour l'étape 7 (82.9% du nombre d'opérations).
- 63 fois pour l'étape 8 (82.9% du nombre d'opérations).
- 61 fois pour l'étape 9 (80.3% du nombre d'opérations).
- 61 fois pour l'étape 10 (80.3% du nombre d'opérations).

Donc les étapes les plus répétées sont L'aspiration des masses et l'implantation et les étapes les moins répétées sont les sillons et le craking.

Tableau 2. *Analyse des participations des internes.*

Variable			Descriptif
Nom	Unité	Modalités	N=181
Interne	N(%)	1	11 (14.5)
		2	19 (25)
		3	31 (40.8)
		4	10 (13.2)
		5	5 (6.5)
Niveau de l'Interne	N(%)	3 ^{ème} année et moins	40 (52.6)
		4 ^{ème} année et plus	36 (47.4)
Participation de l'Interne	N(%)	NON	105 (58.0)
		OUI	76 (42.0)
Nombre de participations	N(%)	Plus qu'une fois	12 (15.8)
		1 fois	64 (84.2)
Etapes effectuées par l'interne par opération	N(%)	1	1 (1.3)
		1 à 10	20 (26.3)
		1 à 2	2 (2.6)
		1 à 2 et 3	1 (1.3)
		1 à 2 et 6	1 (1.3)
		1 à 3	4 (5.2)
		1 à 3 et 6	1 (1.3)
		1 à 3 et 7	1 (1.3)
		1 à 4	3 (3.9)
		1 à 4 et 5	1 (1.3)
		1 à 6 et 7	1 (1.3)
		1 et 2 à 10	1 (1.3)
		1 et 5 à 10	1 (1.3)
		1 et 7 à 10	2 (2.6)
		2 à 3	1 (1.3)
		2 à 3 et 6	1 (1.3)
		2 à 3 et 7 à 8	1 (1.3)
		4 à 10	3 (3.9)
		5	1 (1.3)
		5 à 10	1 (1.3)
6 à 10	15 (19.7)		
6 à 8	2 (2.6)		
7 à 10	10 (13.2)		
8 à 10	1 (1.3)		
Etape 1	N(%)	NON	36 (47.4)
		OUI	40 (52.6)
Etape 2	N(%)	NON	37 (48.7)
		OUI	39 (51.3)

Variable			Descriptif
Nom	Unité	Modalités	N=181
Etape 3	N(%)	NON	40 (52.6)
		OUI	36 (47.4)
Etape 4	N(%)	NON	47 (61.8)
		OUI	29 (38.2)
Etape 5	N(%)	NON	47 (61.8)
		OUI	29 (38.2)
Etape 6	N(%)	NON	27 (35.5)
		OUI	49 (64.5)
Etape 7	N(%)	NON	13 (17.1)
		OUI	63 (82.9)
Etape 8	N(%)	NON	13 (17.1)
		OUI	63 (82.9)
Etape 9	N(%)	NON	15 (19.7)
		OUI	61 (80.3)
Etape 10	N(%)	NON	15 (19.7)
		OUI	61 (80.3)

Les patients du chirurgien senior et des internes étaient équivalents (tableau 3) sur les critères suivants :

- L'âge avec une $p = 0.053$ et une moyenne de 70.5 ans pour le chirurgien senior et 73.4 ans pour les internes.
- Les côtés avec une $p = 0.22$ (légère prédominance de l'œil droit chez le senior et les internes également).
- L'acuité visuelle avant l'opération avec une $p = 0.52$, une médiane de 5/10 et un Intervalle Interquartile (IQR : 0.3 ; 0.6) équivalents chez le senior et les internes.
- Le type de l'anesthésie utilisée avec une $p = 0.095$ (en considérant les anesthésies générales en données manquantes car leur nombre très petit ne permettant pas de faire les tests statistiques (3 cas pour le chirurgien senior et 1 cas pour les internes)).
- Le type d'implant utilisé $p = 0.15$ (en considérant les implants multifocaux en données manquantes car leur nombre est très petit ne permettant pas de faire les tests statistiques

(2 cas pour le chirurgien senior et 0 cas pour les internes en plus des données déjà manquantes à 5 cas pour le senior et 5 cas pour les internes)).

Le senior et les internes présentaient une différence significative sur la variable du sexe des patients avec une $p = 0.027$ et un pourcentage de femmes à 60% dans le groupe du chirurgien senior contre 43.4% dans le groupe des internes.

Tableau 3. Comparabilité entre les patients du sénior et les patients des internes

Variable			Participation de l'Interne		Comparaison des groupes	
Nom	Unité	Modalités	Senior seul N=105	Interne+/-senior N=76	Test	pvalue
Sexe	N(%)	Femme	63 (60.0)	33 (43.4)	Test : Khi-Deux	0.027
		Homme	42 (40.0)	43 (56.6)		
Type d'anesthésie	N(%)	Anesthésie locorégionale	87 (85.3)	70 (93.3)	Test : Khi-Deux	0.095
		Anesthésie topique	15 (14.7)	5 (6.7)		
		Données manquantes	3	1		
Côté	N(%)	Gauche	51 (48.6)	30 (39.5)	Test : Khi-Deux	0.22
		Droit	54 (51.4)	46 (60.5)		
Age	Ans	Moyenne \pm Ecart-type	70.5 \pm 11.1	73.4 \pm 8.7	Test : Student	0.053
		Médiane (IQR)	71.0 (64.0 ; 77.0)	71.5 (69.0 ; 78.5)		
		Minimum Maximum	41.0 96.0	47.0 96.0		
Type d'implant	N(%)	Sphérique	86 (87.8)	67 (94.4)	Test : Khi-Deux	0.15
		Torique	12 (12.2)	4 (5.6)		
		Données manquantes	7	5		
Acuité visuelle avant l'opération	Dixième	Données manquantes	7	5	Test : Wilcoxon	0.52
		Moyenne \pm Ecart-type	4.7 \pm 2.4	4.5 \pm 2.4		
		Médiane (Q1;Q3)	5.0 (3.0 ; 6.0)	5.0 (3.0 ; 6.0)		
		Minimum Maximum	0.0 9.0	0.0 10.0		

En partageant les internes en sous-groupes selon l'année de spécialité, nous avons eu deux sous-groupes : sous-groupe des internes débutants pour l'ensemble des opérations des internes en 3ème année et moins (interne 1, interne 2 et interne 4) et sous-groupe des internes expérimentés pour l'ensemble des opérations des internes en 4ème année et plus (interne 3 et interne 5).

Les deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés étaient équivalents (tableau 4) uniquement sur le critère d'acuité visuelle avant l'opération avec une $p = 0.77$, une médiane de 5/10 au deux sous-groupes et un Intervalle Interquartile (IQR : 0.3 ; 0.6) dans le sous-groupe des internes débutants et (IQR : 0.25 ; 0.65) dans le sous-groupe des internes expérimentés.

Les deux sous-groupes présentaient une différence significative sur les variables suivantes :

- L'âge avec une $p = 0.022$ et une moyenne de 71.2 ans pour le sous-groupe des débutants et 75.9 ans pour le sous-groupe des expérimentés.
- Le sexe des patients avec une $p = 0.013$ et un pourcentage de femmes à 30% dans le sous-groupe des internes débutants contre 58.3% dans le sous-groupe des expérimentés.
- Les côtés de l'opération avec une $p = 0.024$ et un pourcentage d'œil droit à 72.5% dans le sous-groupe débutant et à 47.2% dans le sous-groupe expérimenté.

Nous n'avons pas pu calculer statistiquement la différence entre les deux sous-groupes des internes par rapport au type de l'anesthésie utilisée car le nombre d'anesthésies topiques et générales était trop faible (une seule anesthésie générale et deux topiques dans le sous-groupe des internes débutants, contre trois anesthésies topiques dans le sous-groupe des internes expérimentés). Les pourcentages d'anesthésies locorégionales, respectivement dans les deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés étaient à 92.5% et 91.7%. Nous avons rencontré le même problème pour la comparaison des types d'implants. Les deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés avaient respectivement des pourcentages d'implants sphériques à 94.3% et 94.4%, deux implants toriques pour chaque sous-groupe et 5 données manquantes pour le sous-groupe des internes débutants.

Tableau 4. Comparabilité des deux sous-groupes des internes débutants et des internes expérimentés.

Variable			Niveau de l'Interne		Comparaison des groupes			
Nom	Unité	Modalités	3ème année et moins (débutants) N=40	4ème année et plus(expérimentés) N=36	Test	pvalue		
Sexe	N(%)	Femme	12 (30.0)	21 (58.3)	Test : Khi-Deux	0.013		
		Homme	28 (70.0)	15 (41.7)				
Type d'anesthésie	N(%)	Anesthésie locorégionale	37 (92.5)	33 (91.7)		NA : effectif < 8		
		Anesthésie topique	2 (5.0)	3 (8.3)				
		Anesthésie générale	1 (2.5)	0 (0.0)				
Côté	N(%)	Gauche	11 (27.5)	19 (52.8)	Test : Khi-Deux	0.024		
		Droit	29 (72.5)	17 (47.2)				
Age	Ans	Moyenne ± Ecart-type	71.2 ± 6.2	75.9 ± 10.4	Test : Student	0.022		
		Médiane (IQR)	70.5 (68.5 ; 73.5)	73.0 (70.0 ; 85.5)				
		Minimum Maximum	59.0 85.0	47.0 96.0				
Type d'implant	N(%)	Sphérique	33 (94.3)	34 (94.4)		NA : effectif < 8		
		Torique	2 (5.7)	2 (5.6)				
		Données manquantes	5	0				
Acuité visuelle avant l'opération	Dixième	Données manquantes	5	0				
		Moyenne ± Ecart-type	4.4 ± 2.2	4.6 ± 2.6				
		Médiane (Q1;Q3)	5.0 (3.0 ; 6.0)	5.0 (2.5 ; 6.5)			Test : Wilcoxon	0.77
		Minimum Maximum	0.0 9.0	0.0 10.0				

3. Résultats sur les critères de jugement :

3.1. Critères de jugement principal :

Les résultats des recueils de données montrent la survenue d'une seule complication peropératoire (tableau 5) chez le chirurgien senior (une des 46 opérations qui étaient effectuées à TOURCOING (105 au total)). Cette complication était une rupture capsulaire postérieure avec luxation d'un quartier du cristallin dans le vitré, pendant le retrait des quartiers (étape 6). Le groupe des opérations avec participation de l'interne n'a eu aucune complication peropératoire sur les 76 cas.

Tableau 5. *Analyse descriptive des complications peropératoires.*

Variable			Descriptif
Nom	Unité	Modalités	N=181
Complication peropératoire	N(%)	NON	180 (99.4)
		OUI	1 (0.6)
Etape de complication	N(%)	6	1 (100.0)
Type de complication	N(%)	Rupture capsulaire postérieure avec luxation d'un quartier de cristallin dans le vitré	1 (100.0)

La présence d'un seul évènement sur les 181 opérations nous empêche d'effectuer un test statistique de comparaison entre le chirurgien senior et les internes et nous limite à une analyse descriptive.

3.2. Critères de jugement secondaires :

3.2.1. Critères peropératoires :

La comparaison de la durée totale d'opération a montré une différence significative (tableau 6) entre le chirurgien senior et les internes ($P < 0.001$) : avec une médiane à 11 minutes (IQR : 9 ; 12) pour le chirurgien senior et une médiane à 23 minutes (IQR : 19 ; 30) pour les internes. Les opérations ont été faites entièrement par l'interne dans 26.3% des cas avec une moyenne à 28.2 minutes, un minimum de 15 minutes et un maximum à 40 minutes.

La prise en main par le chirurgien senior (tableau 7) pour crainte de complication, a eu lieu dans 14 occasions dont 2 sur la même opération (dans 13 opérations (17.1% des opérations)). Ces prises en main étaient 5 fois au capsulorhexis (35.7%), 4 fois à l'implantation (28.5%) et une fois (7.1%) pour chacune des étapes suivantes : l'incision, les sillons, le craking, le retrait des quartiers, l'hydrosuture + injection d'antibiotique.

Tableau 6. *Comparaisons des durées totales des opérations chez le sénior et les internes.*

Variable			Participation de l'Interne		Comparaison des groupes	
Nom	Unité	Modalités	Senior N=105	Interne+/-Senior N=76	Test	pvalue
Durée totale	Minutes	N	105	76		
		Moyenne ± Ecart-type	10.9 ± 2.8	24.4 ± 6.9		
		Médiane (Q1;Q3)	11.0 (9.0 ; 12.0)	23.0 (19.0 ; 30.0)	Test : Wilcoxon	<0.001
		Minimum Maximum	5.0 20.0	13.0 40.0		

Tableau 7. Analyse des prises en main par le sénior.

Variable			Descriptif
Nom	Unité	Modalités	N=181
Reprise en main par le senior	N(%)	NON	63 (82.9)
		1 fois	12 (15.8)
		2 fois	1 (1.3)
Etape de la Reprise	N(%)	10	1 (7.7)
		1_8	1 (7.7)
		2	5 (38.5)
		4	1 (7.7)
		5	1 (7.7)
		6	1 (7.7)
		8	3 (23.1)

Entre les deux sous-groupes d'internes, nous n'avons pas trouvé de différence significative des durées totales des opérations (tableau 8) avec une $p = 0.14$ et une médiane à 21.5 minutes (IQR : 9 ; 12) pour les débutants et à 24 minutes (IQR : 19 ; 30) pour les expérimentés.

Les opérations faites entièrement par l'interne étaient distribuées de la façon suivante :

- Quatre dans le sous-groupe des débutants de 37 minutes de durée moyenne (34 minutes de minimum et 40 minutes de maximum), l'interne 2 a effectué trois entre eux avec une durée moyenne de 37 minutes (34 minutes de minimum et 40 minutes de maximum) et l'interne 4 a effectué la 4ème à une durée 37 minutes.
- Les 16 opérations totales du sous-groupe des expérimentés étaient faites en totalité par l'interne 3 avec une moyenne de temps à 26 minutes (15 minutes de minimum et 34 minutes de maximum).

Les internes du sous-groupe des internes débutants ont eu 8 reprises en main par le chirurgien senior :

- Deux pour l'interne 1 (une à l'implantation et une à l'hydosuture + injection d'antibiotique).
- Cinq pour l'interne 2 (une à l'incision, deux au capsulorhexis, une au craking et une à l'implantation).
- Une pour l'interne 4 (une à l'implantation).

- Les internes du sous-groupe des internes expérimentés ont eu 6 reprises en main par le chirurgien senior :
- Quatre pour l'interne 3 (une au capsulorhexis, une aux sillons, une au retrait des quartiers et une à l'implantation).
- Deux pour l'interne 5 (deux au capsulorhexis).

Tableau 8. Comparaisons des durées totales des opérations dans les deux sous-groupes des internes.

Variable			Niveau des Internes		Comparaison des groupes	
Nom	Unité	Modalités	3ème année et moins (Débutants) N=40	4ème année et plus (expérimentés) N=36	Test	pvalue
Durée totale	N		40	36		
	Moyenne ± Ecart-type		23.5 ± 7.3	25.4 ± 6.4		
	Médiane (Q1;Q3)		21.5 (18.0 ; 27.5)	24.0 (21.0 ; 31.5)	Test : Wilcoxon	0.14
	Minimum Maximum		13.0 40.0	14.0 37.0		

Tableau 9. Complications à un mois.

Variable			Descriptif
Nom	Unité	Modalités	N=181
Complication à 1 mois	N(%)	NON	158 (92.9)
		OUI	12 (7.1)
		Données manquantes	11
Type de complication à 1 mois	N(%)	Rebond inflammatoire	4 (33.3)
		Irvin Gass	2 (16.7)
		Aggravation MER	1 (8.3)
		Implant décalé (Torique)	1 (8.3)
		Ulcération cornéenne	1 (8.3)
		Œdème maculaire diabétique	1 (8.3)
		Opacité capsulaire postérieure	1 (8.3)
		OBVCR	1 (8.3)

3.2.2. Critères postopératoires :

3.2.2.1. Complications postopératoires :

Nous avons recueilli les complications jusqu'à un mois dans 170 opérations. Il y avait 11 données manquantes à l'hôpital de TOURCOING (dossiers non retrouvés) : Sept des

patients du chirurgien senior et quatre des patients des internes (sous-groupe des internes débutants : interne 1 et interne 2).

Nous avons marqué 12 complications (7.1%) jusqu'à un mois des opérations distribuées (tableau 9) de la façon suivante : quatre cas de Rebond inflammatoire ; deux cas d'Irvine Gass et un cas de chacune des complications suivantes : Aggravation d'une membrane épitrétiennne (MER), décalage d'implant Torique, ulcération cornéenne, œdème maculaire diabétique, opacité capsulaire postérieure précoce et obstruction d'une branche de la veine centrale de la rétine (OBVCR). Tous ces événements étaient notés dans les dossiers, dans les observations à un mois et ils n'existaient pas avant l'opération.

Le chirurgien senior a eu six complications à un mois : deux Rebonds inflammatoires, une ulcération cornéenne, un œdème maculaire diabétique, une opacité capsulaire postérieure précoce et une OBVCR.

Les internes ont eu six complications à un mois : deux IRVIN GASS, deux Rebonds inflammatoires, une aggravation d'une MER et un décalage d'implant Torique.

Le sous-groupe des internes débutants a eu six complications à un mois : deux IRVIN GASS, deux Rebonds inflammatoires, une aggravation d'une MER et un décalage d'implant Torique.

Le sous-groupe des internes expérimentés n'a eu aucune complication à un mois de l'intervention.

3.2.2.2. *Satisfaction du patient :*

L'absence de satisfaction du patient se caractérise par la présence d'une plainte du patient lors du contrôle à un mois de l'opération. Pour simplifier, nous avons classé les plaintes en deux types : des plaintes liées à un inconfort (douleurs, gênes...) et des plaintes en rapport avec l'acuité visuelle (vision floue, baisse d'acuité visuelle...).

Avec 13 données manquantes à l'hôpital de TOURCOING (11 dossiers manquants, une observation manquante et une observation ne contenant pas l'interrogatoire du patient) (11 chez le chirurgien senior et 2 chez les internes (Tous dans le sous-groupe des débutants : un pour l'interne 1 et un pour l'interne 2)), nous avons eu 7 cas d'absence de satisfactions (4.2%) (tableau 10) au total.

Chez le chirurgien senior nous avons eu trois plaintes : une liée à un inconfort et deux en rapport avec l'acuité visuelle

Chez les internes nous avons eu quatre plaintes : deux liées à un inconfort et deux en rapport avec l'acuité visuelle

Dans le sous-groupe des internes expérimentés nous avons eu quatre plaintes : deux liées à un inconfort et deux en rapport avec l'acuité visuelle

Dans le sous-groupe des internes expérimentés nous n'avons eu aucune plainte.

3.2.2.3. Gain d'acuité visuelle :

Le Tableau 11 nous montre que dans la population étudiée, le gain d'acuité visuelle a une moyenne de 4.4/10 et une médiane de 4/10 (IQR : 0.3 ; 0.6) (15 données manquantes), avec une acuité visuelle post- opératoire de 9/10 de moyenne et de 10/10 de médiane (IQR : 0.9 ; 1) (14 données manquantes).

Entre le chirurgien senior et les internes, il n'y a pas de différence statistiquement significative sur le gain d'acuité visuelle avec une $P = 0.71$ avec des moyennes à 4.28 chez le senior (13 données manquantes) et 4.55 chez les internes (6 données manquantes) (tableaux 12).

Entre les deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés, nous n'avons pas trouvé de différence statistiquement significative sur le gain d'acuité visuelle également ($P = 0.20$) avec des moyennes à 4.85 dans le sous-groupe des débutants (6 données manquantes) et 4.26 dans le sous-groupe des expérimentés (0 données manquantes) (tableaux 13).

Tableau 10. Satisfaction du patient.

Variable			Descriptif
Nom	Unité	Modalités	N=181
Satisfaction des patients	N(%)	NON	7 (4.2)
		OUI	161 (95.8)
		Données manquantes	13
Type de plainte	N(%)	Inconfort	3 (42.9)
		Par rapport à l'acuité visuelle	4 (57.1)

Tableau 11. *Evolution de l'acuité visuelle.*

Variable			Descriptif
Nom	Unité	Modalités	N=181
Acuité visuelle après l'opération		Données manquantes	14
		Moyenne ± Ecart-type	9.0 ± 2.0
		Médiane (Q1;Q3)	10.0 (9.0 ; 10.0)
		Minimum Maximum	0.0 10.0
Gain d'acuité visuelle		1.0	
		Données manquantes	15
		Moyenne ± Ecart-type	4.4 ± 2.4
		Médiane (Q1;Q3)	4.0 (3.0 ; 6.0)
		Minimum Maximum	-4.5 10.0

Tableau 12. *Evolution du gain d'acuité en fonction de la participation de l'interne : The GLM Procedure, Least Squares Means.*

Variable			Participation de l'Interne		Comparaison des groupes
Nom	Unité	Modalités	Senior N=105	Interne+/-Senior N=76	pvalue
Gain d'acuité visuelle	Dixièmes	Données manquantes	9	6	P=0.71
		Moyenne ± Ecart-type	4.28 ± 2.48	4.55 ± 2.25	
		Médiane (Q1;Q3)	4 (3 ; 6)	5 (3 ; 6)	
		Minimum Maximum	-4.5 10	0 10	

Tableau 13. *Evolution du gain d'acuité en fonction du niveau de l'interne : The GLM Procedure, Least Squares Means.*

Variable			Niveau des Internes		Comparaison des groupes	
Nom	Unité	Modalités	3ème année et moins (Débutants) N=40	4ème année et plus (expérimentés) N=36	Test	pvalue
Gain d'acuité visuelle	Dixièmes	Données manquantes	6	0	Test : Wilcoxon	0.14
		Moyenne ± Ecart-type	4.85 ± 1.86	4.26 ± 2.56		
		Médiane (Q1;Q3)	5 (4 ; 6)	4 (2 ; 6)		
		Minimum Maximum	1 8.5	0 10		

3.2.2.4. *Equivalent sphérique :*

L'analyse statistique de l'équivalent sphérique postopératoire calculé (tableau 14), montre que sa valeur moyenne dans la population étudiée (19 données manquantes (11 dossiers non récupérés et 8 tickets d'autoréfraction absents) est de -0.2 D. Sa médiane est de -0.1 D (IQR : -0.6 ; 0.3).

La comparaison du senior avec les internes (tableau 15) ne montre pas de différence statistiquement significative ($P = 0.55$) avec une médiane à 0 D (IQR : -0.6 ; 0.4) chez le chirurgien senior (13 données manquantes) et à -0.2 D (IQR : -0.6 ; 0.1) chez les internes (6 données manquantes).

Sachant qu'on ne vise pas toujours la valeur de 0 D d'équivalent sphérique (on préfère par exemple garder une petite myopie chez les myopes pour garder le confort de lecture de près sans lunettes selon les habitudes des patients...) et pour comprendre la répartition des valeurs nous avons calculer la médiane des valeurs positives et négatives de l'équivalent sphérique qui étaient respectivement à 0.4 D et -0.6 D chez le senior, à 0.3 D et -0.5 D chez les internes.

La comparaison des deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés (tableau 16) montre une différence statistiquement significative cette fois ($P = 0.025$) avec une médiane à -0.1 D (IQR : -0.4 ; 0.3) dans le sous-groupe des débutants (6 données manquantes) et à -0.4 D (IQR : -0.7 ; 0.1) dans le sous-groupe des expérimentés (0 données manquantes).

Les valeurs des médianes des valeurs positives et négatives de l'équivalent sphérique étaient respectivement à 0.3 D et -0.4 D dans le sous-groupe des débutants, à 0.3 D et -0.6 D dans le sous-groupe des expérimentés.

Tableau 14. Analyse de l'équivalent sphérique.

Variable			Descriptif
Nom	Unité	Modalités	N=181
Equivalent sphérique avant l'opération		Données manquantes	22
		Moyenne \pm Ecart-type	-0.1 \pm 4.4
		Médiane (Q1;Q3)	0.6 (-1.6 ; 2.3)
		Minimum Maximum	-18.3 23.8
Equivalent sphérique après l'opération		Données manquantes	19
		Moyenne \pm Ecart-type	-0.2 \pm 1.0
		Médiane (Q1;Q3)	-0.1 (-0.6 ; 0.3)
		Minimum Maximum	-7.6 2.4

Tableau 15. Comparaison de l'équivalent sphérique entre le sénior et les internes.

Variable			Participation de l'Interne		Comparaison des groupes	
Nom	Unité	Modalités	Senior seul N=105	Interne+/-senior N=76	Test	pvalue
Equivalent sphérique après l'opération		Données manquantes	13	6	Test : Wilcoxon	0.55
		Moyenne ± Ecart-type	-0.2 ± 1.2	-0.2 ± 0.7		
		Médiane (Q1 ; Q3)	0.0 (-0.6 ; 0.4)	-0.2 (-0.6 ; 0.1)		
		Minimum Maximum	-7.6 2.4	-3.0 1.1		
Equivalent sphérique positif		N	36	26		
		Moyenne ± Ecart-type	0.6 ± 0.6	0.3 ± 0.3		
		Médiane (Q1;Q3)	0.4 (0.3 ; 0.8)	0.3 (0.1 ; 0.5)		
		Minimum Maximum	0.1 2.4	0.1 1.1		
Equivalent sphérique négatif		N	45	40		
		Moyenne ± Ecart-type	-1.0 ± 1.3	-0.6 ± 0.6		
		Médiane (Q1;Q3)	-0.6 (-1.0 ; -0.4)	-0.5 (-0.8 ; -0.3)		
		Minimum Maximum	-7.6 -0.1	-3.0 -0.1		

Tableau 16. Comparaison de l'équivalent sphérique entre les deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés.

Variable			Niveau d'interne		Comparaison des groupes	
Nom	Unité	Modalités	3ème année et moins N=40	4ème année et plus N=36	Test	pvalue
Equivalent sphérique après l'opération		Données manquantes	6	0	Test : Wilcoxon	0.025
		Moyenne ± Ecart-type	-0.0 ± 0.5	-0.4 ± 0.8		
		Médiane (Q1;Q3)	-0.1 (-0.4 ; 0.3)	-0.4 (-0.7 ; 0.1)		
		Minimum Maximum	-1.5 1.1	-3.0 0.8		
Equivalent sphérique positif		N	15	11		
		Moyenne ± Ecart-type	0.4 ± 0.3	0.3 ± 0.2		
		Médiane (Q1;Q3)	0.3 (0.1 ; 0.5)	0.3 (0.1 ; 0.5)		
		Minimum Maximum	0.1 1.1	0.1 0.8		
Equivalent sphérique négatif		N	17	23		
		Moyenne ± Ecart-type	-0.4 ± 0.4	-0.8 ± 0.7		
		Médiane (Q1;Q3)	-0.4 (-0.6 ; -0.3)	-0.6 (-0.9 ; -0.4)		
		Minimum Maximum	-1.5 -0.1	-3.0 -0.1		

3.2.2.5. *Astigmatisme cornéen induit :*

En termes de variation de la kératométrie, l'astigmatisme cornéen chirurgicalement induit (SIA) dans la population étudiée (tableau 17) a été calculé à 0.6 D de moyenne et 0.5 D de médiane (IQR : 0.3 ; 0.8) (41 données manquantes : 11 dossiers non trouvés et 30 kératométries absentes dans le dossier à 1 mois).

La comparaison entre le chirurgien senior et les internes (tableau 18) n'a pas montré de différence statistiquement significative ($P = 0.21$) avec une médiane à 0.5 D (IQR : 0.4 ; 0.9) chez le senior (27 données manquantes : 7 dossiers non retrouvés et 20 kératométries manquantes à 1 mois) et une médiane à 0.5 D (IQR : 0.3 ; 0.8) chez les internes (14 données manquantes : 4 dossiers non retrouvés et 10 kératométries manquantes à 1 mois).

Entre les deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés, il n'existe pas de différence statistiquement significative aussi ($P = 0.57$) avec une médiane à 0.5 D (IQR : 0.3 ; 0.7) dans le sous-groupe des débutants (13 données manquantes : 4 dossiers non retrouvés et 9 kératométries manquantes à 1 mois) et une médiane à 0.5 D (IQR : 0.3 ; 0.8) dans le sous-groupe des expérimentés (une donnée manquante : une kératométrie manquante à 1 mois).

Avec les formules de NAESER, nous avons pu calculer l'angle de l'astigmatisme cornéen (α) à chaque opération (41 données manquantes). Mais nous ne pouvons pas avoir une moyenne ou une médiane correcte avec nos calculs, vu le caractère circulaire des valeurs : nous citons l'exemple d'un astigmatisme induit de 0.5 D à 5° et un autre astigmatisme induit de 0.5 D à 175° qui donneront une moyenne de 0.5 D à 90° selon les calculs, mais graphiquement (en réalité) ils donnent une moyenne de 0.5 D à 0° .

Nous avons décidé donc de présenter les résultats graphiquement sur des Diagrammes de Holladay (93) avec doublement des angles comme détaillé ci-dessus (figures 29, 30, 31, 32, 33). Ainsi visuellement, nous remarquons que les angles d'astigmatisme induits sont dispersés sur les 180° et nous ne pouvons pas confirmer une concentration de résultats entre deux axes d'angles définis (pour deviner la médiane).

Tableau 17. *Astigmatisme cornéen chirurgicalement induit (SIA).*

Variable			Descriptif
Nom	Unité	Modalités	N=181
SIA	Dioptries	Données manquantes	41
		Moyenne ± Ecart-type	0.6 ± 0.5
		Médiane (Q1;Q3)	0.5 (0.3 ; 0.8)
		Minimum Maximum	0.0 3.8

Tableau 18. *Comparaison de l'astigmatisme cornéen induit (SIA) à 1 mois de la chirurgie entre le senior et les internes.*

Variable			Participation de l'Interne		Comparaison des groupes	
Nom	Unité	Modalités	Senior seul N=105	Interne+/-senior N=76	Test	pvalue
SIA	Dioptries	Données manquantes	27	14		
		Moyenne ± Ecart-type	0.7 ± 0.6	0.6 ± 0.4		
		Médiane (Q1;Q3)	0.5 (0.4 ; 0.9)	0.5 (0.3 ; 0.8)	Test : Wilcoxon	0.21
		Minimum Maximum	0.0 3.8	0.0 1.7		

Tableau 19. *Comparaison de l'astigmatisme cornéen induit (SIA) à 1 mois de la chirurgie entre les deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés.*

Variable			Niveau d'Interne		Comparaison des groupes	
Nom	Unité	Modalités	3ème année et moins N=40	4ème année et plus N=36	Test	pvalue
SIA	Dioptries	Données manquantes	13	1		
		Moyenne ± Ecart-type	0.6 ± 0.5	0.5 ± 0.4		
		Médiane (Q1;Q3)	0.5 (0.3 ; 0.7)	0.5 (0.3 ; 0.8)	Test : Wilcoxon	0.57
		Minimum Maximum	0.1 1.7	0.0 1.3		

Toutes les opérations avec une valeur de SIA et de l'angle

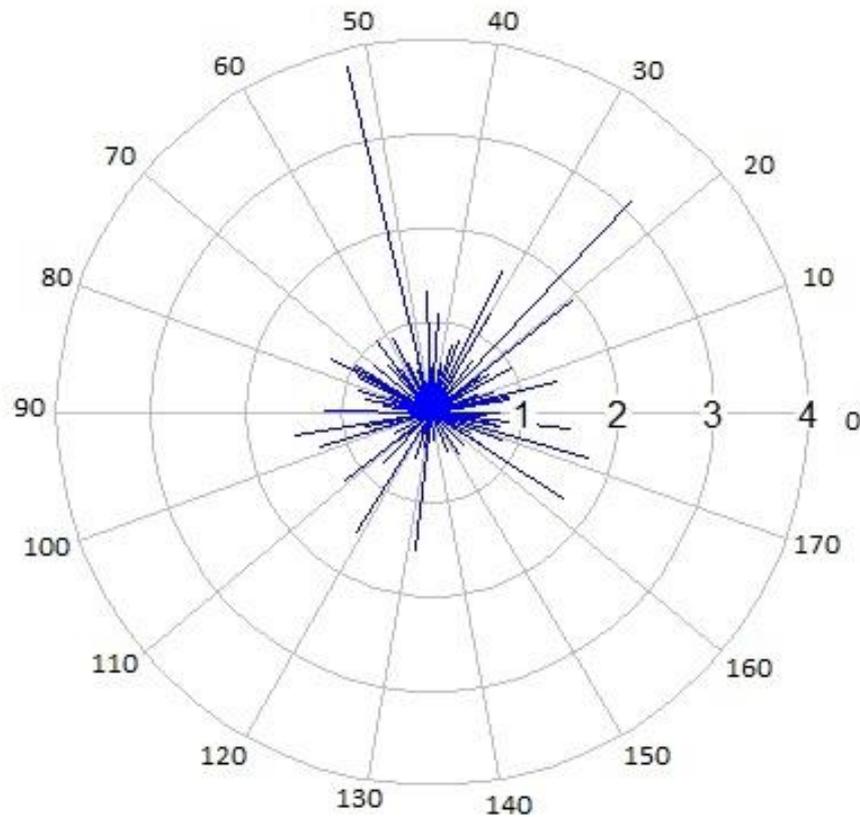


Figure 29. Présentation graphique, sur un Diagramme de Holladay, des résultats d'astigmatisme cornéen induit de toutes les chirurgies à 1 mois de la phacoémulsification (de puissance « SIA » en dioptries et d'axe « ai » en degrés).

Opérations sans participation de l'interne

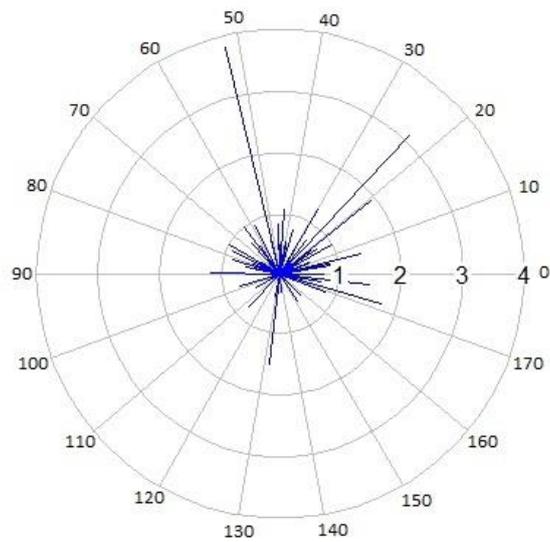


Figure 30. Présentation graphique, sur un Diagramme de Holladay, des résultats d'astigmatisme cornéen induit du chirurgien senior à 1 mois de la phacoémulsification (de puissance « SIA » en dioptries et d'axe « ai » en degrés).

Opérations avec participation de l'interne

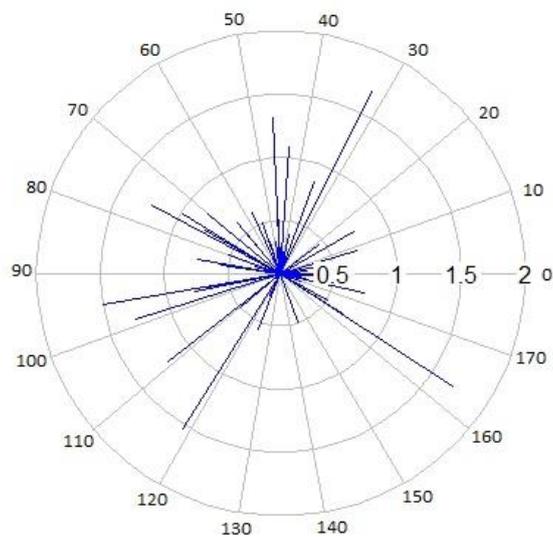


Figure 31. Présentation graphique, sur un Diagramme de Holladay, des résultats d'astigmatisme cornéen induit des internes à 1 mois de la phacoémulsification (de puissance « SIA » en dioptries et d'axe « ai » en degrés).

Opérations avec des internes avec 3 années ou moins d'expérience

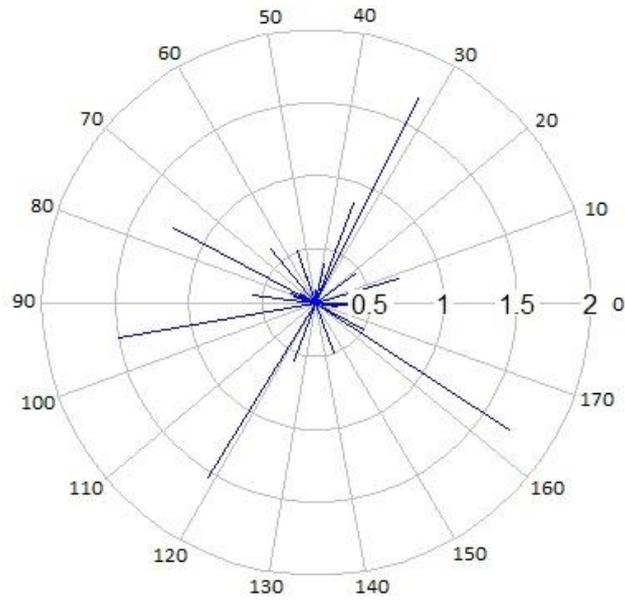


Figure 32. *Figure 32 : Présentation graphique, sur un Diagramme de Holladay, des résultats d'astigmatisme cornéen induit des internes débutants à 1 mois de la phacoémulsification (de puissance « SIA » en dioptries et d'axe « ai » en degrés).*

Opérations avec des internes avec 4 années ou plus d'expérience

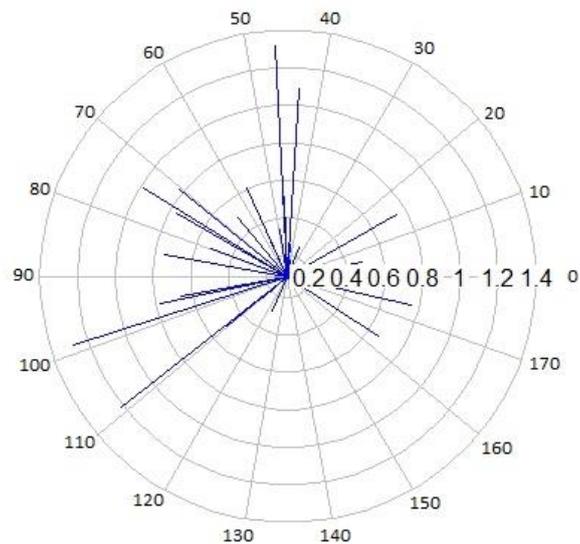


Figure 33. *Présentation graphique, sur un Diagramme de Holladay, des résultats d'astigmatisme cornéen induit des internes expérimentés à 1 mois de la phacoémulsification (de puissance « SIA » en dioptries et d'axe « ai » en degrés).*

III. Discussion :

1. Caractéristiques de la population

Dans notre étude, la population opérée est comparable à la population générale des patients opérés en France, avec un âge moyen de 71.7 ans (73.5 ans en 2016 pour la France) (102) et une légère prédominance des Femmes, expliquée probablement par la différence de l'espérance de vie en faveur des femmes.

Nous avons finalement constitué, au hasard, deux groupes de patients équivalents sur les critères tels que l'âge, les côtés, l'acuité visuelle avant l'opération (maturité de la cataracte), le type de l'anesthésie, le type d'implant. En considérant les deux implants multifocaux dans le groupe du senior comme données manquantes car leur nombre est très petit, et ne permettait pas de faire les tests statistiques.

Le seul critère qui était différent entre le chirurgien senior et ses internes est le pourcentage des patients par sexe. En effet, une plus grande partie de femmes s'est retrouvée dans le groupe du praticien senior. Or, certaines études montrent que les hommes ont plus de risque d'avoir des complications peropératoires en particulier la rupture de la capsule postérieure (103) (104).

Les deux sous-groupes de patients des internes débutants et expérimentés avaient des différences selon certains critères :

- L'âge : Les patients plus âgés se retrouvant dans le sous-groupe interne expérimenté.
- Le sexe : un pourcentage de femmes plus grand dans le sous-groupe expérimenté.
- Les côtés de l'opération : un pourcentage d'œil droit plus grand dans le sous-groupe débutant.

Une étude nationale au Royaume-Uni, faite en 2009 par Narendran et al, a montré que les patients les plus jeunes (de 60 à 69 ans) et les hommes ont plus de risques d'être atteints d'une rupture de la capsule postérieure (103). Ergun et al , Rutar et al ont montré, dans leurs études, que le côté de l'œil opéré ne représente pas un facteur de risque de complications dans la phacoémulsification (105) (106).

Les internes commencent en général à opérer au milieu du programme opératoire. Ils commencent très rarement dès le début de la matinée. Gupta et Taravati ont montré, dans une

étude aux Etats Unis, que l'ordre opératoire n'affecte pas le taux de complications peropératoires, mais il représente, par contre, une durée opératoire plus longue que les opérations suivantes (107). Notre étude retrouve souvent cette petite augmentation de la durée de la première opération effectuée par le senior avec une moyenne de 12.1 minutes contre 10.9 minutes globalement.

Il y avait seulement deux opérations avec des implants multifocaux dans l'étude qui ont été effectuées uniquement par le chirurgien senior. Les tests statistiques n'ont pas montré de différence significative entre les taux d'implants toriques et sphériques. Mais le senior préférait effectuer lui-même les opérations avec les implants toriques (12 pour le chef contre 4 pour les internes dont une compliquée par une rotation de l'implant). Une étude par Roensch et al a montré que les internes peuvent apprendre à utiliser des LIO de qualité supérieure (multifocaux et toriques...) avec de bons taux de réussite comparables à ceux des autres études publiées (108).

Chez le chirurgien senior nous avons eu 15 opérations sous anesthésie topique contre seulement 5 dans le groupe des internes. L'étude statistique ne montre pas de différence significative entre le senior et les internes. Quelques études ont montré que l'anesthésie topique n'augmente pas le taux de complications peropératoires y compris chez l'interne et reste une technique efficace et sécurisée (109) (110).

2. Complications peropératoires :

La seule complication de l'étude était une rupture de capsules postérieures avec luxation d'un quartier de cristallin dans le vitré, chez une femme de 56 ans, opérée de l'œil gauche, sous anesthésie locorégionale suite à un mouvement brusque lors du retrait des quartiers (0.55% sur l'ensemble de la population et 0.95% sur les patients du chirurgien sénior).

A cause du faible nombre de complications chez le chirurgien senior (une seule complication) et de l'absence de complications chez les internes, nous n'avons pas pu faire une étude statistique pour confirmer l'absence d'augmentation du risque de complications peropératoires de la formation chirurgicale de l'interne dans les hôpitaux de Tourcoing et de Douai.

Le taux de complications (rupture capsulaire postérieure avec luxation d'un fragment du cristallin) dans cette étude reste cohérent par rapport aux autres études faites auparavant, le « National cataract surgery survey 1997-8 » au Royaume-Uni, montre un taux de ruptures de

capsules postérieures avec issue de vitré à 4.4% et 0.3% de perte de fragments du cristallin dans le vitré (111). Une autre étude nationale du Royaume-Uni en 2009 a montré un taux de ruptures de capsules postérieures avec ou sans perte de vitré à 1.92% (103). Zaidi et al retrouvent un taux de ruptures de la capsule postérieure à 1.1% et 0.1% de perte de fragments cristalliniens dans le vitré (112), Lonides et al rapportent un taux de rupture de la capsule postérieure à 1.2% pour les chirurgiens seniors (113), Ang et Whyte ont retrouvé un taux à 1.7% (114), Oliveira-Ferreira et al ont trouvé chez un groupe de chirurgiens expérimentés un taux de rupture de capsules postérieures à 2% et un taux de chute de fragments du cristallin dans le vitré à 0.69% (Les pourcentages globaux en incluant les internes étaient respectivement à 2.39% et 0.72%) (115), enfin le taux de ruptures capsulaires postérieures est estimé à moins de 5% dans la fiche de la société Française d'Ophtalmologie (SFO) (116).

Ang et Whyte ont rapporté dans leur étude que la plupart des ruptures de capsules postérieures se produisent dans l'étape de retrait des quartiers (42.2%) (117) comme le cas dans notre étude.

Les autres complications rapportées dans les études sont : L'hémorragie de la chambre antérieure (0.5%), l'effondrement de la chambre antérieure (0.5%), le déchirement de l'iris (0.4%), l'émulsification de l'iris (0.3%), le prolapsus irien persistant (0.07%), l'hémorragie choroïdienne (0.1%), les traits de refend au moment du capsulorhexis, le nettoyage cortical incomplet (1%) (la persistance des masses), la perte de lentille intraoculaire dans le vitré (0.16%), la désinsertion zonulaire, le déchirement de la membrane de Descemet (0.1-0.5%), l'œdème de la cornée (1%), La perte en cellules endothéliales (10%), l'anomalie de la fermeture de l'incision (0.1%) (fuite) (111) (53) (118).

Les deux sous-groupes d'internes débutants et expérimentés n'ont pas eu de complications sur les 76 opérations. Mais nous ne pouvons pas confirmer avec un test statistique l'absence d'augmentation du risque de complications peropératoires liées à la formation chirurgicale des internes à la phacoémulsification à cause de la rareté des événements. Plusieurs études étaient faites sur le sujet, ils ont montré une légère augmentation des taux de complications liées à la formation des internes par rapport aux résultats des chirurgiens expérimentés. Mais les résultats des internes restent acceptables. Corey et Olson ont trouvé un taux de complications globales à 5.1% avec 1.8% de rupture de capsule postérieure avec issue de vitré et 0.8% de rupture de capsule postérieure sans issue de vitré (118). Puri et al ont trouvé des taux de 2.3% d'issue de vitré, 1.7% de capsulorhexis filants, 2.3% de rupture de la capsule

postérieure, 1.2% de brûlures cornéenne, et 0.8% de perte de fragments nucléaires dans le vitré (119).

Woodfield et al ont montré qu'il n'y'a pas de différence significative entre les taux de complications peropératoires entre les internes de la deuxième et la troisième année (120).

Enfin, dans notre étude, les 76 opérations effectuées en totalité par les internes ou avec l'aide du senior, ont eu zéro complication et donc ils n'ont pas augmenté le risque de complications peropératoires. Ces résultats concernent notre étude et la formation des internes dans les hôpitaux de Tourcoing et de Douai sur la période de l'étude et sur les programmes de bloc inclus dans notre étude. Le senior formateur dans l'étude est expérimenté, connu depuis des années par son taux de complications très faible et de son habitude de former les internes sans augmenter ce taux de complications. Il faut probablement un nombre très grand d'opérations pour pouvoir faire un vrai test statistique.

Quelques études ont montré que l'interne ne fait pas plus de complications qu'un chirurgien senior. Une étude Canadienne, de 8738 cas, publiée en 2018 par Low et al, a conclu l'absence de différence significative entre les seniors et les internes avec des taux de complications globales respectivement à 1.7% et 2% sur les cas simples (5832) inclus dans la comparaison avec des taux de rupture de capsules postérieures à 0.8% et 0.9% (avec perte de vitré à 0.4% et 0.2% et chute de fragments du cristallin dans le vitré à 0.1% dans les deux groupes) (121). Fong et al rapportent aussi, en Australie, l'absence de différence significative entre les seniors et les internes. Les taux de complications peropératoires globales respectives étaient à 2.7% et 6.1% ($P = 0.091$). Les ruptures de capsules postérieures étaient à 2.7% et 3.3% avec des fragments de cristallin tombés dans le vitré à 0.54% et 0.61% (122).

Une nouvelle étude Portugaise, publiée en avril 2020 (115) par Oliveira-Ferreira et al, comportait un total de 2937 interventions chirurgicales dont 25,6% étaient effectuées par des internes. Le taux de complications était de 6,3% chez les internes et statistiquement plus faible (3,3%) chez les chirurgiens seniors. Le taux de complications des internes ne dépend pas de leurs niveaux.

Oliveira-Ferreira et al expliquent ces résultats par la différence de formation entre les deux centres. Contrairement au centre de Low et al., celui d'Oliveira-Ferreira juge que la

formation sur simulateur chirurgical n'est pas obligatoire et un examen formel avant d'accéder à la salle d'opération n'est pas préconisé.

Nous pensons aussi que l'absence de tri de cas simples pour les internes (16,09% de cas complexes pour les internes et 15,50% pour les seniors ($P = .231$)), avec l'inclusion de ces cas dans la comparaison des taux de complications peropératoires, participe à l'augmentation du taux de complications dans l'étude de Oliveira-Ferreira et al par rapport aux deux autres grandes études de Low et al et Fong et al. Cette augmentation du taux de complications chez les internes peut expliquer la présence d'une différence significative des taux de complications peropératoires entre les internes et les séniors grâce à un taux moindre de complications peropératoires des cas complexes chez les seniors les plus expérimentés.

Enfin, Oliveira-Ferreira et al définissent la participation de l'interne à l'opération par la réalisation d'un capsulorhexis total et au moins une partie de l'émulsification du cristallin, alors que Low et al ont ajouté aussi l'aspiration des masses avec l'implantation. Les deux étapes, définies par Oliveira-Ferreira et al, correspondent aussi aux étapes les plus difficiles pour les internes (123) (124) avec un risque augmenté de complications. Ce qui donne, probablement, moins de complications dans les cas définis comme opérés par l'interne dans l'étude de Low et al.

Dans notre étude où nous n'avons pas de complications peropératoires chez les internes, ainsi que dans d'autres études qui ne trouvent pas de différence significative dans les taux de complications peropératoires entre les groupes des internes et les groupes des seniors (121) (122), nous pensons que les faibles taux de complications chez les internes sont attribuables à la sélection appropriée des cas par le chirurgien traitant et une surveillance méticuleuse, y compris une intervention appropriée et opportune du chirurgien superviseur quand il a déterminé que la chirurgie par l'interne entraînerait probablement une complication.

Le Tableau suivant compare notre étude aux trois grandes études qui abordent la différence dans les taux de complications peropératoires entre les groupes des internes et les groupes des seniors (115) (121) (122) :

Tableau 20. Comparaison de notre étude aux trois grandes études qui abordent la différence dans les taux de complications peropératoires entre les groupes des internes et les groupes des seniors.

	Fong et al	Low et al	Oliveira-Ferreira et al	Notre étude
Période de l'étude	De 2004 à 2007	De janvier à décembre 2016	De janvier à décembre 2017	Du 2 juillet 2018 au 3 octobre 2019
Lieu de l'étude	Westmead Hospital, Sydney, (Australie).	Kensington Eye Institute, University of Toronto, Toronto, (Canada).	Centro Hospitalar São João, Porto, (Portugal).	Centres hospitaliers de Tourcoing et de Douai (France).
Type de l'étude	Prospective	Prospective	Rétrospective	Prospective
Nombre d'opérations	514	5832	2937	181
Participation de l'interne	330 opérations (64.2%)	2669 opérations (46%)	752 opérations (25.6%)	76 opérations (41.9%)
Définition de la participation de l'interne	Non définie (la totalité de l'opération ?)	Aspiration des masses et une implantation, un capsulorhexis complet ou une émulsification du cristallin.	Un capsulorhexis total et au moins une partie de l'émulsification du cristallin.	Au moins une étape faite.
Taux de complications peropératoires des internes	6.1%	2.0%	6.3%	0%
Différence significative par rapport aux seniors	Non (P=0.09)	Non (P=0.52)	Oui (P=0.003)	Complications très rares avec un nombre de cas ne permettant pas de calculer P
Inclusion des cas complexes dans le calcul.	Non	Non	Oui. 16,09% de cas complexes pour les internes et 15,50% pour les seniors (P = .231).	Oui. Mais le senior choisit les cas les plus simples pour l'interne généralement.
Niveau des internes	1ère à 4ème année d'internat	4ème et 5ème année d'internat.	1ère à 4ème année d'internat après 6 mois d'observation.	2ème à 4ème année d'internat
Formation sur simulateur préalable.	Non indiquée	Oui	Non	Non
Différence significative des taux de complications selon le niveau de l'interne	Non	Augmentation des taux de complications chez les internes dans la 5ème au 8ème semaine de pratique au bloc opératoire.	Non	Absence de complications dans les 2 sous-groupes selon le niveau d'internat.

3. Méthode de formation des internes :

Des études ont montré qu'il existe une courbe d'apprentissage : la diminution des risques de complication est proportionnelle avec l'entraînement de l'interne et son expérience. Certains auteurs ont aussi montré l'effet d'une formation sur des simulateurs dans la diminution des taux de complications par rapport à des internes débutants. Les internes entraînés à l'aide du simulateur avaient des temps de phacoémulsification plus courts, moins de complications peropératoires, des actes opératoires, des étapes de meilleure qualité et une courbe d'apprentissage plus courte (125) (126) (127) (128). Cette amélioration du niveau de l'interne augmente avec la durée, la fréquence et le nombre de modules de formation sur le simulateur. Des études ont optimisé des programmes de formations pour les appliquer dans le programme standard de la formation en chirurgie de la cataracte sur simulateur (126).

Corey et Olson ont montré aussi sur leurs 396 patients opérés par quatre internes que le taux de rupture de capsules postérieures avec perte de vitré a évolué de 2.6% dans les 50 premiers cas (197 pour les 4 internes) à 1.3% globalement (cinq cas dans la première moitié et zéro cas la deuxième moitié) (118).

Les études (129) (130) (Taravella et al, Randleman et al.) ont montré que l'interne peut gagner l'expérience chirurgicale avec des bons résultats visuels et réfractifs, les compétences et la possibilité d'effectuer ses opérations dans une durée raisonnable sans prendre plus de risque de complications ou sans intervention du chirurgien senior au bout de 75 à 80 opérations.

Une étude américaine, par Ellis et al, a montré l'effet d'un entraînement chirurgical précoce pendant l'internat sur une diminution significative des taux de complications en fin d'internat par rapport à des internes commençant leur formation chirurgicale plus tardivement (131).

Le chirurgien senior, en supervisant l'interne, se sentait obligé d'intervenir 14 fois dont cinq fois pendant le capsulorhexis. Ce qui montre que cette étape représente une difficulté pour les internes en formation. Dooley et O'Brien ont confirmé que cette étape représente une difficulté subjective pour les internes en Irlande (123). Le même résultat est trouvé par Lacmanovic Loncar et al (124). La supervision par le chirurgien senior pendant la formation et la reprise en main des internes auraient très probablement évité quelques complications dans le groupe des internes. Cette méthode de formation présente une sécurité en plus pour l'interne et diminue donc le risque de complications peropératoires (132) (133) (134) (135) surtout si cette

supervision est accompagnée d'une sélection rigoureuse des cas selon le niveau de l'interne (136). L'étude de Puri et al a montré que même l'expérience du superviseur représente un facteur qui diminue significativement les risques de complications peropératoires (119).

La méthode de formation étape par étape, utilisée pour les internes moins expérimentés, est largement utilisée dans le monde. Cette méthode a montré son efficacité et sa nécessité dans la formation de l'interne pour le passage d'un opérateur dépendant à un opérateur autonome. C'est également une étape intermédiaire essentielle entre la formation avec des simulateurs et la réalisation de toute la procédure phacoémulsification sur le patient de manière efficace et en toute sécurité (137).

4. Durée d'opérations et coût :

La durée moyenne d'une phacoémulsification varie significativement entre le chirurgien senior avec 10.9 minutes de moyenne et les internes avec 24.4 minutes de moyenne. Kang et al ont montré dans leur étude une durée moyenne proche de notre étude à 29 minutes (pour les opérations effectuées par des internes dans leurs études) (138). Hosler et al ont trouvé une durée moyenne des internes à 23 minutes (139). Taravella et al ont confirmé aussi l'augmentation significative du temps opératoire lié à la formation des internes aux Etats Unis avec le surcoût lié au temps passé en plus dans les salles opératoires (140). Hosler et al ont montré que cette durée et ce coût diminuent significativement avec le nombre d'opérations effectuées par l'interne (139). Belyea et al ont montré que même l'entraînement à l'aide d'un simulateur peut diminuer la durée opératoire chez l'interne (127).

Entre les deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés nous n'avons pas de différence significative statistique dans les durées globales ($P = 0.14$) dans les opérations faites en totalité par l'interne ou en partie à l'aide du senior, sachant que ce dernier aide plus dans le sous-groupe des débutants et moins dans le sous-groupe des expérimentés, selon le niveau et la limitation du temps consacré pour les programmes opératoires. Nous pouvons remarquer, par contre, une nette différence de moyenne par exemple dans la liste des opérations faites en totalité par les internes qui est à 37 minutes de moyenne dans le sous-groupe des débutants et à 26 minutes de moyenne dans le sous-groupe des expérimentés. Cette grande différence nous montre que le niveau de l'interne, son année de spécialité et surtout le nombre d'opérations effectuées diminuent le temps opératoire.

Dans notre étude si on prend l'exemple de l'interne 3 qui a effectué la plupart des opérations complètes : 16 opérations avec une moyenne de temps à 26 minutes (15 minutes de minimum et 34 minutes de maximum), les cinq premières opérations (dont la plus longue) ont une moyenne à 30 minutes et les cinq dernières opérations (dont la plus courte) ont une moyenne à 20 minutes. Nous ne connaissons pas le vrai nombre d'opérations réellement effectuées pour améliorer son temps opératoire car nous n'avions pas pu inclure toutes les opérations effectuées dans la période d'étude. Mais nous savions qu'il y a une période de 4 mois d'entraînement entre les deux moyennes.

5. Complications postopératoires :

Nous avons décrit dans cette étude toutes les complications jusqu'à un mois, 12 complications (7.1%) étaient décrites. Tous ces événements étaient notés dans les dossiers, dans les observations à un mois et ils n'existaient pas avant l'opération. Il y avait 6 complications postopératoires chez le senior (5.7%) et 6 complications chez les internes (7.8%). Toutes les complications sont dans le sous-groupe des internes débutants, soit 15%. Parmi les complications les plus fréquentes, on retrouve surtout les rebonds inflammatoires, la persistance de l'inflammation à un mois de l'opération (quatre cas) et l'Irvin Gass (deux cas). Nous retrouvons un cas de chacune des complications suivantes : Aggravation d'une membrane épitrécinienne (MER), décalage d'implant Torique, ulcération cornéenne, œdème maculaire diabétique, opacité capsulaire postérieure précoce, obstruction d'une branche de la veine centrale de la rétine (OBVCR).

Dans la littérature (110) (109) (141) (53) (133) (142) (143) (144) (145) on rapporte les complications postopératoires suivantes : l'œdème cornéen persistant (décompensation des cellules endothéliales) (1%-2%), la kératopathie bulleuse, défauts épithéliales de la cornée (ulcération), l'opacification de la capsule postérieure, le glaucome malin, les hypertonies intra-oculaires transitoires, l'œdème maculaire cystoïde (Irvin Gass) (1-6.3%), la décentration de l'implant (1.4%), l'œdème maculaire diabétique cliniquement significatif, le glaucome néovasculaire (0.3%), l'endophtalmie, la persistance de l'inflammation (6.6%), l'hémorragie vitréenne (0.7%) et le décollement de rétine.

Par conséquent, nous n'avons pas pu faire des tests statistiques à cause du petit nombre de complications et surtout selon leurs types. D'après notre analyse descriptive nous pouvons

penser à une équivalence des complications postopératoires globales entre les deux groupes. Cependant nous remarquons que le taux de complications postopératoires des internes du sous-groupe des débutants est presque le double du taux des complications dans le groupe du senior.

Les taux globaux de complications postopératoires des internes dans la littérature étaient proches de notre étude (109) (110): de 9.9% à 15%.

Oliveira-Ferreira et al ont trouvé une hypertonie intra-oculaire plus marquée dans le groupe des internes par rapport au groupe des seniors (115). Nous n'avons pas trouvé d'autre étude qui comparait les complications postopératoires en général entre un groupe d'internes et un groupe de seniors.

Ce taux de complications postopératoires peut diminuer avec l'expérience et l'entraînement de l'interne (131). Dans notre étude nous avons une grande différence entre les deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés respectivement à 15% et à 0%. Il y a très probablement une diminution des taux de complications post-opératoires dus à l'expérience, mais nous avons probablement un biais lié au manque d'effectif et de probables données car examens non exhaustifs et non protocolaires dans une étude observationnelle, surtout que les examens sont fait par des évaluateurs différents.

6. Pronostic visuel :

L'astigmatisme cornéen induit correspond quasi-totalement au changement de la kératométrie de la face antérieure de la cornée. Il existe un astigmatisme cornéen postérieur induit après une phacoémulsification. Notre étude étant observationnelle, par conséquent, nous n'avons pas des topographies pré et postopératoires. En plus, l'astigmatisme cornéen postérieur n'est pas pris en compte dans les différentes études car sa valeur est négligeable séparant deux milieux d'indices réfractifs proches et sa mesure n'est pas fiable (146).

Nous avons trouvé une valeur moyenne de 0.6 D et une médiane de 0.5 D (IQR : 0.3 ; 0.8) de l'astigmatisme cornéen induit post-phacoémulsification de la population à 1 mois. Nous avons un astigmatisme chirurgicalement induit cohérent par rapport aux études faites auparavant. Denoyer et al ont trouvé une valeur moyenne très proche (0.4-0.6 D) (147). Luo et al ont trouvé une valeur proche de celle de l'étude de Denoyer et al à 0.5 D (148). L'étude de Sethi et al a trouvé une valeur de (0.6 ± 0.44 D) (149).

A notre connaissance, il n'y a pas d'étude à ce jour qui a comparé l'astigmatisme chirurgicalement induit post phacoémulsification selon le chirurgien. Cette étude a montré

l'absence d'une différence statistiquement significative entre les internes et le chirurgien senior inclus dans cette étude. Il en va de même dans les deux sous-groupes d'internes, répartis par niveau des internes, effectuant le même protocole chirurgical et avec la même taille d'incision à 2.2 mm.

Lundstrom et al ont montré, dans leur étude Européenne comparative de plusieurs centres, que les moyennes des astigmatismes cornéens chirurgicalement induits de tous les patients et celles de tous les centres ne sont pas significativement différentes (150).

Dans cette étude les médianes des équivalents sphériques étaient statistiquement équivalentes entre les internes et le senior avec une médiane à 0 D dans le groupe du senior et à -0.2 D dans le groupe des internes avec un objectif de 0 Dioptrie généralement. 90.7% des patients avaient un équivalent sphérique inférieur ou égal à une dioptrie de l'objectif réfractif fixé. Ces résultats sont cohérents avec l'étude de Simon et al qui ont montré que 94% des résultats des équivalents sphériques des patients opérés par des internes étaient Inférieur ou égal à une dioptrie par rapport à l'objectif fixé lors du calcul de l'implant (151).

Par contre, les deux sous-groupes des internes débutants et expérimentés présentent une différence significative entre leurs médianes respectives à -0.1 D et -0.4 D ($P = 0.025$). En calculant les médianes positives (respectivement 0.3 D et 0.3 D) et négatives (respectivement -0.4 D et -0.6 D), nous remarquons que cette différence est en défaveur du sous-groupe des internes les plus expérimentés, par rapport à la valeur recherchée de 0 D, vers des valeurs plus négatives. Cette différence est probablement liée au hasard à des erreurs de calculs ou de mesures ou liée à un taux plus important des opérations et des étapes faites entièrement par les internes expérimentés par rapport au sous-groupe des débutants qui a des valeurs plus proches aux valeurs du senior.

Le gain d'acuité visuelle dans notre étude ne présente pas de différence statistiquement significative entre le senior et les internes avec des moyennes respectives à 4.28/10 et 4.55/10 ($P = 0.71$), avec une acuité visuelle finale globale à un mois d'une médiane de 10/10 (IQR : 0.9 ; 1.0). Fong et al retrouvent des résultats visuels postopératoires sans différence significative en comparant ses deux groupes d'internes et de seniors le long de son étude (122).

Dans les deux sous-groupes d'internes débutants et expérimentés, nous avons également une absence de différence significative des gains d'acuité visuelle respectivement à 4.85/10 et 4.26/10 ($P = 0.20$). Donc il n'y a pas d'influence du niveau de l'interne sur le gain d'acuité visuelle dans notre étude.

7. Satisfaction des patients :

Malgré la subjectivité et la simplicité de ce paramètre, la satisfaction du patient représente une grande importance dans le suivi d'un patient en post-phacoémulsification, car elle reflète le confort ressenti et son atteinte ou non du résultat attendu par celui-ci après l'opération. Ce paramètre peut parfois conditionner l'opération d'un deuxième œil, si programmé ou parfois l'organisation de l'opération d'un proche ou d'une connaissance.

La satisfaction du patient peut être également influencée par le médecin ou l'interne consultant à un mois et sa considération des plaintes du patient comme signes fonctionnels ophtalmologiques. Ce qui représente beaucoup de biais sur ce paramètre qui aurait mérité un questionnaire adapté.

Sans pouvoir faire un test statistique, nous avons eu 3 cas d'absence de satisfaction dans le groupe du senior et 4 cas dans le groupe des internes groupés tous dans le sous-groupe des internes débutants.

Notre étude montre plus de cas de satisfaction que l'étude de Porela-Tiihonen et al (152), qui rapporte une douleur en post-opératoire dans 10% des cas à six semaines et 45% des cas de nouveaux symptômes après l'opération.

8. Perte en cellules endothéliales :

La perte en cellules endothéliales représente une complication postopératoire non évitable et importante à prendre en considération car elle peut générer des décompensations endothéliales, dans les cas où la densité des cellules endothéliales est faible pour donner des résultats visuels médiocres avec une nécessité de greffe endothéliale au minimum. Cette perte en cellules endothéliales dépend directement de la quantité d'ultrasons utilisés pendant l'opération et donc généralement de la durée de l'opération (surtout de le temps d'utilisation des ultrasons) (153) (154) (155) (156). Li et al ont trouvé un pourcentage de 15% de perte de cellules endothéliales dans la phacoémulsification (157). Perone et al ont trouvé une perte endothéliale de 11% à 1 mois (158).

Notre étude est observationnelle. Nous n'avons pas rajouté des protocoles ni des examens non habituels. Par ailleurs, les deux hôpitaux de Tourcoing et de Douai ne possèdent pas une microscopie spéculaire pour pouvoir calculer la différence de densité des cellules

endothéliales avant et après l'opération et mesurer la perte de cellules endothéliales pour chaque patient.

Par contre, les internes ont des durées opératoires globales significativement plus longues que le senior. Nous pouvons, ainsi, supposer que les internes ont un taux de perte en cellules endothéliales plus important à cause de cette durée plus longue accompagnée très probablement de l'utilisation d'une quantité d'ultrasons (EDC : Energie dissipée cumulée) plus importante.

L'étude d'Orski et al a montré, sur ce sujet, que l'expérience du chirurgien est un facteur qui minimise la perte en cellules endothéliales de la cornée (159), alors que Chamorro et al ont montré qu'il n'y a pas de différence de perte en cellules endothéliales en rapport avec l'expérience du chirurgien (160).

Finalement O'Brien et al ont décrit la technique de phacoémulsification utilisée dans notre étude « divide-and-conquer » comme une technique sûre entre les mains d'un interne bien encadré et ayant une bonne formation (161). Mais ils conseillent les internes de choisir des cas avec des cataractes moins denses car cela aidera à réduire le temps de phacoémulsification absolu et donc à minimiser la perte de cellules endothéliales.

9. Limites de l'étude :

Cette étude était descriptive pour le critère de jugement principal car le nombre d'évènements est très faible (un seul évènement). Il faudrait une étude sur une plus grande échelle avec une plus longue période de recrutement et beaucoup plus de patients pour pouvoir faire des tests statistiques qui peuvent confirmer l'absence ou la présence d'augmentation de risques peropératoires liée à la formation des internes.

Pendant la durée du recrutement des patients à Douai, les patients n'étaient pas des sujets consécutifs. En effet, les programmes des blocs opératoires inclus étaient choisis au hasard car l'interne ne pouvait pas venir tous les jours du bloc et les infirmiers, surchargés, ne pouvaient pas, à chaque fois, recueillir les données. Ainsi, ceci peut représenter un biais de sélection.

L'étude est observationnelle, nous ne sommes pas intervenus dans la distribution de la population dans les deux groupes. Le choix des patients du groupe des internes était décidé par le chirurgien senior, après avoir examiné les quatre ou cinq premiers patients afin d'avancer le programme opératoire. Ensuite, le chirurgien senior autorise l'interne à opérer selon : l'avancement et la charge du programme, la qualité de l'anesthésie et enfin la difficulté de

l'opération (patients stressés avec risque de mouvements brusques, œil fonctionnel unique, implant multifocal...). Ce choix de patient par le senior représente en lui-même un biais de sélection qui peut diminuer le risque de complications chez les internes et l'augmenter chez le chirurgien senior et donc créer deux groupes de patients non homogènes.

L'étude était faite dans le centre hospitalier de Tourcoing, puis dans celui de Douai, avec le même chirurgien senior. Aussi, les résultats ne concernent que ces deux centres hospitaliers et le senior qui opérait pendant la durée de l'étude. Par ailleurs, ces résultats ne peuvent pas être généralisés pour la France ou même pour la région d'Hauts de France. Pour pouvoir faire une étude plus générale avec plus de poids, il faut faire une étude multicentrique avec le plus grand nombre de centres.

Au moment du recueil des kératométries préopératoires, nous avons pris les valeurs de kératométries à partir des biométries destinées aux calculs des implants (figure 11), dans certains cas où nous n'avons pas eu des données de kératométrie des autoréfracteurs (en arrondissant les valeurs par palier de 0.25 D comme dans les valeurs des autoréfracteurs et en mettant l'angle par palier de 5°). Nous pouvons avoir des valeurs différentes, même si cette différence est très légère. Ofir et al ont montré que plusieurs machines différentes de mesure de kératométrie ont eu les mêmes résultats d'astigmatisme chirurgicalement induits (162) ce qui minimise le risque d'erreur lié à ce biais.

Nous avons eu plusieurs données manquantes au cours de notre analyse car il manquait quelques dossiers et quelques kératométries dans les dossiers étudiés surtout en postopératoire, l'étude étant observationnelle et nous ne sommes pas intervenus dans la prise en charge des patients.

Notre étude ne classe pas les patients selon les facteurs de risques de complications peropératoires connues en utilisant des scores de prédictions de ces risques comme celui de Najjar-Awwad validé pour la phacoémulsification (163). Nous n'avons pas de notions de pseudoexfoliations ou de fragilités zonulaires dans les dossiers étudiés. Nous n'avons pas pu classé les cataractes selon la densité ou les antécédents ophtalmologiques.

Nous n'avons pas étudié la perte en cellules endothéliales. Ce paramètre a une grande importance dans le suivi des patients opérés pour la cataracte car il estime la survenue d'une décompensation endothéliale avec des suites et une prise en charge compliqués. Nous n'avons pas intervenu sur le suivi et les examens effectués dans notre étude observationnelle, d'autant plus que nous n'avons pas une microscopie spéculaire dans les deux services pour évaluer cette

perte. Mais, il aurait fallu noter l'énergie dissipée cumulée (EDC), affichée sur les phacoémulsificateurs à la fin de chaque opération. Cette énergie dissipée peut donner une idée sur l'importance du risque de la perte en cellules endothéliales sans pouvoir le deviner.

Enfin, d'autres limites qui se manifestent par le manque d'effectif et de probables données car examens non exhaustifs et non protocolaires dans cette étude observationnelle, ainsi que l'absence de questionnaires pour évaluer certains paramètres subjectifs (la satisfaction des patients) surtout que les examens sont fait par des évaluateurs différents. Ces éléments peuvent représenter des biais sur les différents paramètres étudiés qui peuvent diminuer la force des différents résultats.

CHIRULILE

Nom : ●●●●●●●●●●●●●●●● ID : ●●●●●●●●●●●●●●●● Date de naissance : ●●●●●●●●●●●●●●●● Date de mesure : 24/01/2020 Opérateur : CHU Lille		Formule : SRK90T Réfraction cible : 0 D n : 1.3375																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
OD	AL : 24.36 mm (SNR = 143.4) K1 : 41.72 D / 8.09 mm x 155° K2 : 42.61 D / 7.92 mm x 70° R / ES : 8.00 mm / 42.15 D Cyl. : -0.89 D x 160°	OS	AL : 24.26 mm (SNR = 135.3) K1 : 41.72 D / 8.09 mm x 5° K2 : 42.39 D / 7.98 mm x 95° R / ES : 8.04 mm / 42.00 D Cyl. : -0.57 D x 8°																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Réfraction : 0 D 0 D x 0° État : Plaque		Réfraction : 0 D 0 D x 0° État : Plaque																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Alcon AcrySof MA50BM HOYA VIVINEX XY1		Alcon AcrySof MA50BM HOYA VIVINEX XY1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1160 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th>NAME</th> <th>M/F</th> <th>NAME</th> <th>M/F</th> <th>NAME</th> <th>M/F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>JAN/24/2020</td> <td>14:52</td> <td>JAN/24/2020</td> <td>14:52</td> <td>JAN/24/2020</td> <td>14:53</td> </tr> <tr> <td>VR-12.00mm</td> <td></td> <td>VR-12.00mm</td> <td></td> <td>VR-12.00mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td><R></td> <td>S</td> <td>C</td> <td>A</td> <td><R></td> <td>S</td> <td>C</td> <td>A</td> <td><R></td> <td>S</td> <td>C</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.50</td> <td>160</td> <td>9</td> <td></td> <td>- 0.00</td> <td>- 0.25</td> <td>137</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>144</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.25</td> <td>- 0.50</td> <td>164</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.00</td> <td>- 0.25</td> <td>138</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>143</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.00</td> <td>- 0.25</td> <td>161</td> <td>0</td> <td></td> <td>+ 0.00</td> <td>- 0.25</td> <td>132</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>143</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td><L></td> <td>0.25</td> <td>- 0.50</td> <td>161</td> <td>></td> <td><L></td> <td>0.00</td> <td>- 0.25</td> <td>137</td> <td>></td> <td><L></td> <td>0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>143</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><R1</td> <td>mm</td> <td>D</td> <td>deg</td> <td></td> <td><R1</td> <td>mm</td> <td>D</td> <td>deg</td> <td></td> <td><R1</td> <td>mm</td> <td>D</td> <td>deg</td> <td></td> </tr> <tr> <td><R1</td> <td>8.07</td> <td>41.75</td> <td>155</td> <td>></td> <td><R1</td> <td>8.08</td> <td>41.75</td> <td>156</td> <td>></td> <td><R1</td> <td>8.07</td> <td>41.75</td> <td>155</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><R2</td> <td>7.93</td> <td>42.50</td> <td>65</td> <td>></td> <td><R2</td> <td>7.96</td> <td>42.50</td> <td>66</td> <td>></td> <td><R2</td> <td>7.96</td> <td>42.50</td> <td>65</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><AVE</td> <td>8.00</td> <td>42.25</td> <td>></td> <td></td> <td><AVE</td> <td>8.02</td> <td>42.00</td> <td>></td> <td></td> <td><AVE</td> <td>8.02</td> <td>42.00</td> <td>></td> <td></td> </tr> <tr> <td><CYL</td> <td></td> <td>- 0.75</td> <td>155</td> <td>></td> <td><CYL</td> <td></td> <td>- 0.75</td> <td>155</td> <td>></td> <td><CYL</td> <td></td> <td>- 0.75</td> <td>155</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><L></td> <td>S</td> <td>C</td> <td>A</td> <td></td> <td><L></td> <td>S</td> <td>C</td> <td>A</td> <td></td> <td><L></td> <td>S</td> <td>C</td> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>+ 0.50</td> <td>- 0.25</td> <td>110</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.50</td> <td>- 0.25</td> <td>98</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.50</td> <td>- 0.25</td> <td>111</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>+ 0.50</td> <td>- 0.25</td> <td>117</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>95</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>109</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>+ 0.50</td> <td>- 0.25</td> <td>117</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>101</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>110</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td><L></td> <td>0.50</td> <td>- 0.25</td> <td>117</td> <td>></td> <td><L></td> <td>0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>98</td> <td>></td> <td><L></td> <td>0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>110</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><R1</td> <td>mm</td> <td>D</td> <td>deg</td> <td></td> <td><R1</td> <td>mm</td> <td>D</td> <td>deg</td> <td></td> <td><R1</td> <td>mm</td> <td>D</td> <td>deg</td> <td></td> </tr> <tr> <td><R1</td> <td>8.05</td> <td>42.00</td> <td>15</td> <td>></td> <td><R1</td> <td>8.07</td> <td>41.75</td> <td>10</td> <td>></td> <td><R1</td> <td>8.06</td> <td>41.75</td> <td>13</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><R2</td> <td>8.01</td> <td>42.25</td> <td>105</td> <td>></td> <td><R2</td> <td>8.01</td> <td>42.25</td> <td>100</td> <td>></td> <td><R2</td> <td>8.01</td> <td>42.25</td> <td>103</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><AVE</td> <td>8.03</td> <td>42.00</td> <td>></td> <td></td> <td><AVE</td> <td>8.04</td> <td>42.00</td> <td>></td> <td></td> <td><AVE</td> <td>8.04</td> <td>42.00</td> <td>></td> <td></td> </tr> <tr> <td><CYL</td> <td></td> <td>- 0.25</td> <td>15</td> <td>></td> <td><CYL</td> <td></td> <td>- 0.50</td> <td>10</td> <td>></td> <td><CYL</td> <td></td> <td>- 0.50</td> <td>13</td> <td>></td> </tr> <tr> <td>PD 65</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>PD 66</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>PD 66</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">NIDEK TONOREF II</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">NIDEK TONOREF II</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">NIDEK TONOREF II</td> </tr> </tbody> </table>		NAME	M/F	NAME	M/F	NAME	M/F	JAN/24/2020	14:52	JAN/24/2020	14:52	JAN/24/2020	14:53	VR-12.00mm		VR-12.00mm		VR-12.00mm		<R>	S	C	A	<R>	S	C	A	<R>	S	C	A		+ 0.25	- 0.50	160	9		- 0.00	- 0.25	137	9		+ 0.25	- 0.25	144	9		0.25	- 0.50	164	9		+ 0.00	- 0.25	138	9		+ 0.25	- 0.25	143	9		0.00	- 0.25	161	0		+ 0.00	- 0.25	132	9		+ 0.25	- 0.25	143	9	<L>	0.25	- 0.50	161	>	<L>	0.00	- 0.25	137	>	<L>	0.25	- 0.25	143	>	<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg		<R1	8.07	41.75	155	>	<R1	8.08	41.75	156	>	<R1	8.07	41.75	155	>	<R2	7.93	42.50	65	>	<R2	7.96	42.50	66	>	<R2	7.96	42.50	65	>	<AVE	8.00	42.25	>		<AVE	8.02	42.00	>		<AVE	8.02	42.00	>		<CYL		- 0.75	155	>	<CYL		- 0.75	155	>	<CYL		- 0.75	155	>	<L>	S	C	A		<L>	S	C	A		<L>	S	C	A			+ 0.50	- 0.25	110	9		+ 0.50	- 0.25	98	9		+ 0.50	- 0.25	111	9		+ 0.50	- 0.25	117	9		+ 0.25	- 0.25	95	9		+ 0.25	- 0.25	109	9		+ 0.50	- 0.25	117	9		+ 0.25	- 0.25	101	9		+ 0.25	- 0.25	110	9	<L>	0.50	- 0.25	117	>	<L>	0.25	- 0.25	98	>	<L>	0.25	- 0.25	110	>	<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg		<R1	8.05	42.00	15	>	<R1	8.07	41.75	10	>	<R1	8.06	41.75	13	>	<R2	8.01	42.25	105	>	<R2	8.01	42.25	100	>	<R2	8.01	42.25	103	>	<AVE	8.03	42.00	>		<AVE	8.04	42.00	>		<AVE	8.04	42.00	>		<CYL		- 0.25	15	>	<CYL		- 0.50	10	>	<CYL		- 0.50	13	>	PD 65					PD 66					PD 66					NIDEK TONOREF II		NIDEK TONOREF II		NIDEK TONOREF II		1170 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th>NAME</th> <th>M/F</th> <th>NAME</th> <th>M/F</th> <th>NAME</th> <th>M/F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>JAN/24/2020</td> <td>14:52</td> <td>JAN/24/2020</td> <td>14:52</td> <td>JAN/24/2020</td> <td>14:53</td> </tr> <tr> <td>VR-12.00mm</td> <td></td> <td>VR-12.00mm</td> <td></td> <td>VR-12.00mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td><R></td> <td>S</td> <td>C</td> <td>A</td> <td></td> <td><R></td> <td>S</td> <td>C</td> <td>A</td> <td></td> <td><R></td> <td>S</td> <td>C</td> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>144</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>143</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>143</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>143</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>143</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>143</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td><L></td> <td>0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>143</td> <td>></td> <td><L></td> <td>0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>143</td> <td>></td> <td><L></td> <td>0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>143</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><R1</td> <td>mm</td> <td>D</td> <td>deg</td> <td></td> <td><R1</td> <td>mm</td> <td>D</td> <td>deg</td> <td></td> <td><R1</td> <td>mm</td> <td>D</td> <td>deg</td> <td></td> </tr> <tr> <td><R1</td> <td>8.07</td> <td>41.75</td> <td>155</td> <td>></td> <td><R1</td> <td>8.07</td> <td>41.75</td> <td>155</td> <td>></td> <td><R1</td> <td>8.06</td> <td>41.75</td> <td>13</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><R2</td> <td>7.96</td> <td>42.50</td> <td>65</td> <td>></td> <td><R2</td> <td>7.96</td> <td>42.50</td> <td>65</td> <td>></td> <td><R2</td> <td>8.01</td> <td>42.25</td> <td>103</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><AVE</td> <td>8.02</td> <td>42.00</td> <td>></td> <td></td> <td><AVE</td> <td>8.02</td> <td>42.00</td> <td>></td> <td></td> <td><AVE</td> <td>8.04</td> <td>42.00</td> <td>></td> <td></td> </tr> <tr> <td><CYL</td> <td></td> <td>- 0.75</td> <td>155</td> <td>></td> <td><CYL</td> <td></td> <td>- 0.75</td> <td>155</td> <td>></td> <td><CYL</td> <td></td> <td>- 0.50</td> <td>13</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><L></td> <td>S</td> <td>C</td> <td>A</td> <td></td> <td><L></td> <td>S</td> <td>C</td> <td>A</td> <td></td> <td><L></td> <td>S</td> <td>C</td> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>+ 0.50</td> <td>- 0.25</td> <td>111</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>109</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>110</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>109</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>110</td> <td>9</td> <td></td> <td>+ 0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>110</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td><L></td> <td>0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>110</td> <td>></td> <td><L></td> <td>0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>110</td> <td>></td> <td><L></td> <td>0.25</td> <td>- 0.25</td> <td>110</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><R1</td> <td>mm</td> <td>D</td> <td>deg</td> <td></td> <td><R1</td> <td>mm</td> <td>D</td> <td>deg</td> <td></td> <td><R1</td> <td>mm</td> <td>D</td> <td>deg</td> <td></td> </tr> <tr> <td><R1</td> <td>8.05</td> <td>42.00</td> <td>15</td> <td>></td> <td><R1</td> <td>8.07</td> <td>41.75</td> <td>10</td> <td>></td> <td><R1</td> <td>8.06</td> <td>41.75</td> <td>13</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><R2</td> <td>8.01</td> <td>42.25</td> <td>105</td> <td>></td> <td><R2</td> <td>8.01</td> <td>42.25</td> <td>100</td> <td>></td> <td><R2</td> <td>8.01</td> <td>42.25</td> <td>103</td> <td>></td> </tr> <tr> <td><AVE</td> <td>8.03</td> <td>42.00</td> <td>></td> <td></td> <td><AVE</td> <td>8.04</td> <td>42.00</td> <td>></td> <td></td> <td><AVE</td> <td>8.04</td> <td>42.00</td> <td>></td> <td></td> </tr> <tr> <td><CYL</td> <td></td> <td>- 0.25</td> <td>15</td> <td>></td> <td><CYL</td> <td></td> <td>- 0.50</td> <td>10</td> <td>></td> <td><CYL</td> <td></td> <td>- 0.50</td> <td>13</td> <td>></td> </tr> <tr> <td>PD 65</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>PD 66</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>PD 66</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">NIDEK TONOREF II</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">NIDEK TONOREF II</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">NIDEK TONOREF II</td> </tr> </tbody> </table>		NAME	M/F	NAME	M/F	NAME	M/F	JAN/24/2020	14:52	JAN/24/2020	14:52	JAN/24/2020	14:53	VR-12.00mm		VR-12.00mm		VR-12.00mm		<R>	S	C	A		<R>	S	C	A		<R>	S	C	A			+ 0.25	- 0.25	144	9		+ 0.25	- 0.25	143	9		+ 0.25	- 0.25	143	9		+ 0.25	- 0.25	143	9		+ 0.25	- 0.25	143	9		+ 0.25	- 0.25	143	9	<L>	0.25	- 0.25	143	>	<L>	0.25	- 0.25	143	>	<L>	0.25	- 0.25	143	>	<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg		<R1	8.07	41.75	155	>	<R1	8.07	41.75	155	>	<R1	8.06	41.75	13	>	<R2	7.96	42.50	65	>	<R2	7.96	42.50	65	>	<R2	8.01	42.25	103	>	<AVE	8.02	42.00	>		<AVE	8.02	42.00	>		<AVE	8.04	42.00	>		<CYL		- 0.75	155	>	<CYL		- 0.75	155	>	<CYL		- 0.50	13	>	<L>	S	C	A		<L>	S	C	A		<L>	S	C	A			+ 0.50	- 0.25	111	9		+ 0.25	- 0.25	109	9		+ 0.25	- 0.25	110	9		+ 0.25	- 0.25	109	9		+ 0.25	- 0.25	110	9		+ 0.25	- 0.25	110	9	<L>	0.25	- 0.25	110	>	<L>	0.25	- 0.25	110	>	<L>	0.25	- 0.25	110	>	<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg		<R1	8.05	42.00	15	>	<R1	8.07	41.75	10	>	<R1	8.06	41.75	13	>	<R2	8.01	42.25	105	>	<R2	8.01	42.25	100	>	<R2	8.01	42.25	103	>	<AVE	8.03	42.00	>		<AVE	8.04	42.00	>		<AVE	8.04	42.00	>		<CYL		- 0.25	15	>	<CYL		- 0.50	10	>	<CYL		- 0.50	13	>	PD 65					PD 66					PD 66					NIDEK TONOREF II		NIDEK TONOREF II		NIDEK TONOREF II	
NAME	M/F	NAME	M/F	NAME	M/F																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
JAN/24/2020	14:52	JAN/24/2020	14:52	JAN/24/2020	14:53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
VR-12.00mm		VR-12.00mm		VR-12.00mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
<R>	S	C	A	<R>	S	C	A	<R>	S	C	A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	+ 0.25	- 0.50	160	9		- 0.00	- 0.25	137	9		+ 0.25	- 0.25	144	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	0.25	- 0.50	164	9		+ 0.00	- 0.25	138	9		+ 0.25	- 0.25	143	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	0.00	- 0.25	161	0		+ 0.00	- 0.25	132	9		+ 0.25	- 0.25	143	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<L>	0.25	- 0.50	161	>	<L>	0.00	- 0.25	137	>	<L>	0.25	- 0.25	143	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<R1	8.07	41.75	155	>	<R1	8.08	41.75	156	>	<R1	8.07	41.75	155	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<R2	7.93	42.50	65	>	<R2	7.96	42.50	66	>	<R2	7.96	42.50	65	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<AVE	8.00	42.25	>		<AVE	8.02	42.00	>		<AVE	8.02	42.00	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<CYL		- 0.75	155	>	<CYL		- 0.75	155	>	<CYL		- 0.75	155	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<L>	S	C	A		<L>	S	C	A		<L>	S	C	A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	+ 0.50	- 0.25	110	9		+ 0.50	- 0.25	98	9		+ 0.50	- 0.25	111	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+ 0.50	- 0.25	117	9		+ 0.25	- 0.25	95	9		+ 0.25	- 0.25	109	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+ 0.50	- 0.25	117	9		+ 0.25	- 0.25	101	9		+ 0.25	- 0.25	110	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<L>	0.50	- 0.25	117	>	<L>	0.25	- 0.25	98	>	<L>	0.25	- 0.25	110	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<R1	8.05	42.00	15	>	<R1	8.07	41.75	10	>	<R1	8.06	41.75	13	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<R2	8.01	42.25	105	>	<R2	8.01	42.25	100	>	<R2	8.01	42.25	103	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<AVE	8.03	42.00	>		<AVE	8.04	42.00	>		<AVE	8.04	42.00	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<CYL		- 0.25	15	>	<CYL		- 0.50	10	>	<CYL		- 0.50	13	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
PD 65					PD 66					PD 66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
NIDEK TONOREF II		NIDEK TONOREF II		NIDEK TONOREF II																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
NAME	M/F	NAME	M/F	NAME	M/F																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
JAN/24/2020	14:52	JAN/24/2020	14:52	JAN/24/2020	14:53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
VR-12.00mm		VR-12.00mm		VR-12.00mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
<R>	S	C	A		<R>	S	C	A		<R>	S	C	A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	+ 0.25	- 0.25	144	9		+ 0.25	- 0.25	143	9		+ 0.25	- 0.25	143	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+ 0.25	- 0.25	143	9		+ 0.25	- 0.25	143	9		+ 0.25	- 0.25	143	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<L>	0.25	- 0.25	143	>	<L>	0.25	- 0.25	143	>	<L>	0.25	- 0.25	143	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<R1	8.07	41.75	155	>	<R1	8.07	41.75	155	>	<R1	8.06	41.75	13	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<R2	7.96	42.50	65	>	<R2	7.96	42.50	65	>	<R2	8.01	42.25	103	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<AVE	8.02	42.00	>		<AVE	8.02	42.00	>		<AVE	8.04	42.00	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<CYL		- 0.75	155	>	<CYL		- 0.75	155	>	<CYL		- 0.50	13	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<L>	S	C	A		<L>	S	C	A		<L>	S	C	A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	+ 0.50	- 0.25	111	9		+ 0.25	- 0.25	109	9		+ 0.25	- 0.25	110	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+ 0.25	- 0.25	109	9		+ 0.25	- 0.25	110	9		+ 0.25	- 0.25	110	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<L>	0.25	- 0.25	110	>	<L>	0.25	- 0.25	110	>	<L>	0.25	- 0.25	110	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg		<R1	mm	D	deg																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<R1	8.05	42.00	15	>	<R1	8.07	41.75	10	>	<R1	8.06	41.75	13	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<R2	8.01	42.25	105	>	<R2	8.01	42.25	100	>	<R2	8.01	42.25	103	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<AVE	8.03	42.00	>		<AVE	8.04	42.00	>		<AVE	8.04	42.00	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<CYL		- 0.25	15	>	<CYL		- 0.50	10	>	<CYL		- 0.50	13	>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
PD 65					PD 66					PD 66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
NIDEK TONOREF II		NIDEK TONOREF II		NIDEK TONOREF II																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

Figure 34. Trois mesures de kératométrie sur le TONOREF II et une mesure kératométrie sur l'IOL 500 chez la même personne au CHRU de LILLE.

IV. CONCLUSION :

Dans notre étude, nous n'avons pas de complications peropératoires surajoutées sur les 76 cas opérés en totalité ou en partie par les internes, dans le cadre de leur formation chirurgicale en phacoémulsification des deux centres hospitaliers de Tourcoing et de Douai. Une seule complication est survenue sur les 105 cas opérés par le senior. Nous n'avons pas assez d'évènements pour confirmer statistiquement la présence ou l'absence d'une différence significative entre le chirurgien senior et les internes. Toutefois, nous avons pu conclure à une augmentation statistiquement significative de la durée opératoire due à la participation des internes, sans différence statistiquement significative du gain d'acuité visuel, de l'équivalent sphérique post-opératoire ni de l'astigmatisme cornéen induit.

Les grandes études internationales faites ont des résultats différents par rapport au risque de complications pendant la phacoémulsification quand l'interne opère. Il faudrait probablement une grande étude multicentrique en France pour répondre à cette question.

Enfin, malgré le désaccord des auteurs sur la présence ou l'absence d'augmentation des complications peropératoires liées à la formation des internes, toutes les études faites sur le sujet ont montré qu'il existe une courbe d'apprentissage et une amélioration continue des résultats opératoires des internes. Cette formation essentielle doit être réalisée la plus précocement possible avec le plus possible de cas opérés sous la supervision d'un chirurgien chevronné, ainsi qu'en choisissant les cas les plus simples au début de la formation. Démarrer sa formation dans ces conditions permettrait, avec le temps, d'effectuer ces opérations au fur et à mesure avec des durées acceptables et avec le minimum de complications en fin de formation.

Références bibliographiques :

1. Flaxman SR, Bourne RRA, Resnikoff S, Ackland P, Braithwaite T, Cicinelli MV, et al. Global causes of blindness and distance vision impairment 1990–2020: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health*. 1 déc 2017;5(12):e1221-34.
2. Tabin G, Chen M, Espandar L. Cataract surgery for the developing world. *Curr Opin Ophthalmol*. janv 2008;19(1):55–59.
3. Khanna R, Pujari S, Sangwan V. Cataract surgery in developing countries. *Curr Opin Ophthalmol*. janv 2011;22(1):10–14.
4. Ruit S, Tabin G, Chang D, Bajracharya L, Kline DC, Richheimer W, et al. A Prospective Randomized Clinical Trial of Phacoemulsification vs Manual Sutureless Small-Incision Extracapsular Cataract Surgery in Nepal. *Am J Ophthalmol*. 1 janv 2007;143(1):32-38.e2.
5. Gogate PM, Kulkarni SR, Krishnaiah S, Deshpande RD, Joshi SA, Palimkar A, et al. Safety and Efficacy of Phacoemulsification Compared with Manual Small-Incision Cataract Surgery by a Randomized Controlled Clinical Trial: Six-Week Results. *Ophthalmology*. 1 mai 2005;112(5):869-74.
6. Quoi de neuf en chirurgie de la cataracte ? [Internet]. Réalités Ophtalmologiques. 2020 [cité 3 août 2020]. Disponible sur: <https://www.realites-ophtalmologiques.com/2020/06/03/quoi-de-neuf-en-chirurgie-de-la-cataracte/>
7. Demographie_ophtalmologie.pdf [Internet]. [cité 2 août 2020]. Disponible sur: https://www.ameli.fr/fileadmin/user_upload/documents/Demographie_ophtalmologie.pdf
8. 2019 Seulement 152 postes attribués à la spécialité Ophtalmologie [Internet]. SNOF. 2019 [cité 2 août 2020]. Disponible sur: <https://www.snof.org/2019-seulement-152-postes-attribu-s-specialit-ophtalmologie>
9. Hullo A. Anatomie de la sclérotique. Wwwwem-Premiumcomdatatraitessop21-30051 [Internet]. [cité 2 mai 2020]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/7574>
10. Brémond-Gignac D, Copin H, Laroche L, Milazzo S. Cristallin et zonule : anatomie et embryologie. Wwwwem-Premiumcomdatatraitessop21-55708 [Internet]. 8 août 2012 [cité 1 mai 2020]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/732640>
11. Fenolland J-R, Renard J-P. Conjonctive. Wwwwem-Premiumcomdatatraitessop21-48194 [Internet]. 4 févr 2017 [cité 2 mai 2020]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/1103147>
12. Ophtalmologie pédiatrique et strabismes. Volume 1, Examen ophtalmo-pédiatrique - Claude Speeg-Schatz, Pascal Dureau.
13. Larsen W. Embryologie humaine. 3e édition. Bruxelles: De Boeck; 2015. 708 p.
14. Phelps Brown N, Bron A. Lens Disorders: A Clinical Manual of Cataract Diagnosis. 3rd Revised edition. Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd; 1996. 256 p.

15. Brown N. The change in lens curvature with age. *Exp Eye Res.* août 1974;19(2):175-83.
16. Gordon RA, Donzis PB. Refractive development of the human eye. *Arch Ophthalmol Chic Ill* 1960. juin 1985;103(6):785-9.
17. CASSETTE NB Studio. Le cristallin [Internet]. Docteur Damien Gatinel. [cité 9 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.gatinel.com/recherche-formation/le-cristallin/>
18. Saraux H. Anatomie et histologie de l'oeil. 2e éd. entièrement ref. et mise à jour. Paris; New York; Barcelone: Editions Masson; 1982. 416 p.
19. CASSETTE NB Studio. Accommodation [Internet]. Docteur Damien Gatinel. [cité 11 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.gatinel.com/recherche-formation/le-cristallin/accommodation/>
20. Delbarre M. Sémiologie et formes cliniques de la cataracte chez l'adulte. *Wwwem-Premiumcomdatatraitessop21-84072* [Internet]. 9 déc 2018 [cité 26 avr 2020]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/1262211>
21. Fiche pertinence des soins indications et contre-indications de la chirurgie de la cataracte liée à l'âge [Internet]. Haute Autorité de Santé. [cité 26 avr 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_2906983/fr/fiche-pertinence-des-soins-indications-et-contre-indications-de-la-chirurgie-de-la-cataracte-liee-a-l-age
22. Terelak-Borys B, Skonieczna K, Grabska-Liberek I. Ocular ischemic syndrome – a systematic review. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res.* 1 août 2012;18(8):RA138-44.
23. Ozkok A, Saleh OA, Sigford DK, Heroman JW, Schaal S. THE OMAR STUDY: Comparison of Ozurdex and Triamcinolone Acetonide for Refractory Cystoid Macular Edema in Retinal Vein Occlusion. *RETINA.* juill 2015;35(7):1393–1400.
24. Palmquist BM, Philipson B, Barr PO. Nuclear cataract and myopia during hyperbaric oxygen therapy. *Br J Ophthalmol.* févr 1984;68(2):113-7.
25. Antoun J, Azar G, Jabbour E, Kourie HR, Slim E, Schakal A, et al. VITREORETINAL SURGERY WITH SILICONE OIL TAMPONADE IN PRIMARY UNCOMPLICATED RHEGMATOGENOUS RETINAL DETACHMENT: Clinical Outcomes and Complications. *RETINA.* oct 2016;36(10):1906–1912.
26. Leffler CT, Schwartz SG, Peterson E, Busscher J. Cataract couching and the goat's eye. *Acta Ophthalmol (Copenh).* nov 2018;96(7):755-6.
27. Johns CHW 1857-1920. *Babylonian and Assyrian laws, contracts and letters.* Scribner; 1904. (Library of ancient inscriptions).
28. Ascaso FJ, Lizana J, Cristóbal JA. Cataract surgery in ancient Egypt. *J Cataract Refract Surg.* mars 2009;35(3):607–608.
29. Blomstedt P. Cataract surgery in ancient Egypt. *J Cataract Refract Surg.* mars 2014;40(3):485–489.
30. Roy PN, Mehra KS, Deshpande PJ. Cataract surgery performed before 800 B.C. *Br J Ophthalmol.* mars 1975;59(3):171.
31. Grzybowski A, Ascaso FJ. Sushruta in 600 B.C. introduced extraocular expulsion of lens material. *Acta Ophthalmol (Copenh).* 2014;92(2):194-7.

32. Grzybowski A, Ascaso FJ. Sushruta Did Not Introduce Extracapsular Cataract Removal. *Surv Ophthalmol*. 1 nov 2012;57(6):584.
33. Bokhorst LP, Zegers RHC. [Couching then and now]. *Ned Tijdschr Geneeskd*. 2011;155:A3283.
34. Pérez-Cambrodí RJ, Ascaso FJ, Diab F, Alzamora-Rodríguez A, Grzybowski A. Hollow needle cataract aspiration in antiquity. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. 1 déc 2015;93(8):782-4.
35. Savage-Smith E. The Practice of Surgery in Islamic Lands: Myth and Reality. *Soc Hist Med*. 1 déc 2000;13(2):307-21.
36. Pollock WBI. ARABIAN OPHTHALMOLOGY*. *Br J Ophthalmol*. août 1946;30(8):445-56.
37. Hildreth HR. Daviel, Modern Surgeon. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1952;50:23-9.
38. Histoire de l'opération de la cataracte [Internet]. SNOF. 2012 [cité 17 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.snof.org/encyclopedie/histoire-de-lop%C3%A9ration-de-la-cataracte>
39. Daviel J. On a new method to cure cataract by extraction of the lens. *Br J Ophthalmol*. juill 1967;51(7):449-58.
40. Pouw CAMK, Zegers RHC. [The development of cataract surgery after 1745]. *Ned Tijdschr Geneeskd*. 2013;157(14):A5980.
41. Hubbell AA. Samuel Sharp, the First Surgeon to make the Corneal Incision in Cataract Extraction with a Single Knife. *Med Libr Hist J*. oct 1904;2(4):242.1-268.
42. Roper KL. Suturing in cataract surgery, with a transitional history of cataract: its early treatment; healing of the cataract wound; and the factors that have advanced the development of modern suture technics. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1955 1954;52:587-749.
43. Oransky I. Charles Kelman. *The Lancet*. 10 juill 2004;364(9429):134.
44. Miller D, Stegmann R. The use of Healon in intraocular lens implantation. *Int Ophthalmol Clin*. 1982;22(2):177-87.
45. Fichman RA. Use of topical anesthesia alone in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. juin 1996;22(5):612-614.
46. Nagy ZZ, Dunai A, Kránitz K, Takács AI, Sándor GL, Hécz R, et al. Evaluation of femtosecond laser-assisted and manual clear corneal incisions and their effect on surgically induced astigmatism and higher-order aberrations. *J Refract Surg Thorofare NJ* 1995. août 2014;30(8):522-5.
47. Apple DJ. Sir Nicholas Harold Lloyd Ridley: 10 July 1906 - 25 May 2001. *Biogr Mem Fellows R Soc R Soc G B*. 2007;53:285-307.
48. Ridley H. Intra-ocular acrylic lenses after cataract extraction. 1952. *Bull World Health Organ*. 2003;81(10):758-61.
49. Apple DJ. A pioneer in the quest to eradicate world blindness. :2.
50. Visser N, Bauer NJC, Nuijts RMMA. Toric intraocular lenses: Historical overview, patient selection, IOL calculation, surgical techniques, clinical outcomes, and complications. *J Cataract Refract Surg*. avr 2013;39(4):624-637.

51. Mamalis N. Adjustable intraocular lens technology. *J Cataract Refract Surg.* juill 2014;40(7):1059–1060.
52. Ford J, Werner L, Mamalis N. Adjustable intraocular lens power technology. *J Cataract Refract Surg.* juill 2014;40(7):1205–1223.
53. Milazzo S, Benarous A. Phacoémulsification. *Wwwem-Premiumcomdatatraitesop21-60159* [Internet]. 20 janv 2017 [cité 26 avr 2020]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/1102001>
54. Oransky I. Charles Kelman. *The Lancet.* 10 juill 2004;364(9429):134.
55. Friedman DS, Reeves SW, Bass EB, Lubomski LH, Fleisher LA, Schein OD. Patient preferences for anaesthesia management during cataract surgery. *Br J Ophthalmol.* 1 mars 2004;88(3):333-5.
56. Jacobi PC, Dietlein TS, Jacobi FK. A Comparative Study of Topical vs Retrobulbar Anesthesia in Complicated Cataract Surgery. *Arch Ophthalmol.* 1 août 2000;118(8):1037-43.
57. Sekundo W, Dick HB, Schmidt JC. Lidocaine-assisted xylocaine jelly anesthesia versus one quadrant sub-Tenon infiltration for self-sealing sclerocorneal incision routine phacoemulsification. *Eur J Ophthalmol.* avr 2004;14(2):111-6.
58. Alió JL, Soria F, Abdou AA, Peña-García P, Fernández-Buenaga R, Javaloy J. Comparative outcomes of bimanual MICS and 2.2-mm coaxial phacoemulsification assisted by femtosecond technology. *J Refract Surg Thorofare NJ* 1995. janv 2014;30(1):34-40.
59. Park J, Yum H ri, Kim MS, Harrison AR, Kim EC. Comparison of phaco-chop, divide-and-conquer, and stop-and-chop phaco techniques in microincision coaxial cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1 oct 2013;39(10):1463-9.
60. Kratz RP. Symposium: Phacoemulsification. Difficulties, complications, and management. *Trans - Am Acad Ophthalmol Otolaryngol Am Acad Ophthalmol Otolaryngol.* févr 1974;78(1):OP18-21.
61. Fine IH. The chip and flip phacoemulsification technique. *J Cataract Refract Surg.* mai 1991;17(3):366–371.
62. Davis EA, Lindstrom RL. Tilt and Tumble Phacoemulsification. *Mod Cataract Surg.* 2002;34:44-58.
63. Maloney WF, Dillman DM, Nichamin LD. Supracapsular phacoemulsification: A capsule-free posterior chamber approach. *J Cataract Refract Surg.* avr 1997;23(3):323–328.
64. Pandit RT, Oetting TA. Pop-and-chop nucleofractis. *J Cataract Refract Surg.* nov 2003;29(11):2054–2056.
65. Jack Kanski Brad Bowling. *Kanski's Clinical Ophthalmology - 8th Edition* [Internet]. [cité 4 août 2020]. Disponible sur: <https://www.elsevier.com/books/kanskis-clinical-ophthalmology/kanski/978-0-7020-5572-0>
66. Saika S, Miyamoto T, Ohnishi Y. Histology of anterior capsule opacification with a polyHEMA/HOHEXMA hydrophilic hydrogel intraocular lens compared to poly(methyl methacrylate), silicone, and acrylic lenses. *J Cataract Refract Surg.* juin 2003;29(6):1198-203.

67. Scaramuzza A, Fernando GT, Crayford BB. Posterior capsule opacification and lens epithelial cell layer formation: Hydroview hydrogel versus AcrySof acrylic intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* juill 2001;27(7):1047-54.
68. Arbisser LB. Managing intraoperative complications in cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* févr 2004;15(1):33-9.
69. Gimbel HV. Posterior Capsule Tears Using Phaco-emulsification Causes, Prevention and Management. *Eur J Implant Refract Surg.* 1 mars 1990;2(1):63-9.
70. Shah VA, Gupta SK, Chalam KV. Management of vitreous loss during cataract surgery under topical anesthesia with transconjunctival vitrectomy system. *Eur J Ophthalmol.* oct 2003;13(8):693-6.
71. Chalam KV, Shah VA. Successful management of cataract surgery associated vitreous loss with sutureless small-gauge pars plana vitrectomy. *Am J Ophthalmol.* juill 2004;138(1):79-84.
72. Kim IK, Miller JW. Management of dislocated lens material. *Semin Ophthalmol.* déc 2002;17(3-4):162-6.
73. Nordlund ML, Marques DMV, Marques FF, Cionni RJ, Osher RH. Techniques for managing common complications of cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* févr 2003;14(1):7-19.
74. Ling R, Cole M, James C, Kamalarajah S, Foot B, Shaw S. Suprachoroidal haemorrhage complicating cataract surgery in the UK: epidemiology, clinical features, management, and outcomes. *Br J Ophthalmol.* avr 2004;88(4):478-80.
75. Barreau G, Mounier M, Marin B, Adenis J-P, Robert P-Y. Intracameral cefuroxime injection at the end of cataract surgery to reduce the incidence of endophthalmitis: French study. *J Cataract Refract Surg.* août 2012;38(8):1370-5.
76. Yi DH, Dana MR. Corneal edema after cataract surgery: incidence and etiology. *Semin Ophthalmol.* déc 2002;17(3-4):110-4.
77. Batlan SJ, Dodick JM. Corneal complications of cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* août 1996;7(4):52-6.
78. Lois N, Wong D. Pseudophakic retinal detachment. *Surv Ophthalmol.* oct 2003;48(5):467-87.
79. Masson E. Cataracte secondaire [Internet]. EM-Consulte. [cité 5 août 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/medecine/article/7744/figures/cataracte-secondaire>
80. Ayed T, Rannen R, Naili K, Sokkah M, Gabsi S. [Risk factors for secondary cataract: a case-control study with multivariate analysis]. *J Fr Ophtalmol.* juin 2002;25(6):615-20.
81. Menapace R, Findl O, Georgopoulos M, Rainer G, Vass C, Schmetterer K. The capsular tension ring: designs, applications, and techniques. *J Cataract Refract Surg.* juin 2000;26(6):898-912.
82. Charleux J, Hullo A. Extraction extra-capsulaire avec implantation en chambre postérieure. *Wwwem-Premiumcomdatatraitessop21-03095* [Internet]. [cité 17 août 2020]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/7739/resultatrecherche/1>
83. Ohrloff C, Zubcov AA. Comparison of phacoemulsification and planned extracapsular extraction. *Ophthalmol J Int Ophtalmol Int J Ophthalmol Z Augenheilkd.* 1997;211(1):8-12.

84. Mouillon M. Extraction intracapsulaire du cristallin. Wwwem-Premiumcomdatatraitessop21-09900 [Internet]. [cité 18 août 2020]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/7737/resultatrecherche/1>
85. LaHood BR, Goggin M. Measurement of Posterior Corneal Astigmatism by the IOLMaster 700. *J Refract Surg Thorofare NJ* 1995. 1 mai 2018;34(5):331-6.
86. Koch DD, Ali SF, Weikert MP, Shirayama M, Jenkins R, Wang L. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg*. 1 déc 2012;38(12):2080-7.
87. Sturm C (1803-1855) A du texte. Mémoire sur la théorie de la vision / par M. Sturm,... [Internet]. 1845 [cité 20 avr 2020]. Disponible sur: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k62106943>
88. Grosvenor T, Quintero S, Perrigin DM. Predicting refractive astigmatism: a suggested simplification of Javal's rule. *Am J Optom Physiol Opt*. avr 1988;65(4):292-7.
89. Dunne MC, Elawad ME, Barnes DA. A study of the axis of orientation of residual astigmatism. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. août 1994;72(4):483-9.
90. Garner LF. Calculation of the radii of curvature of the crystalline lens surfaces. *Ophthalmic Physiol Opt J Br Coll Ophthalmic Opt Optom*. janv 1997;17(1):75-80.
91. René, Onfray. Notes pour servir à l'Histoire de l'Ophtalmologie Française (Part 1 of 2). *Ophthalmologica*. 1957;134(Suppl. 1):29-45.
92. Charpentier P, Gatinel D. Topographie cornéenne. Wwwem-Premiumcomdatatraitessop21-70192 [Internet]. 26 sept 2018 [cité 28 déc 2019]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/article/1245221>
93. Holladay JT, Dudeja DR, Koch DD. Evaluating and reporting astigmatism for individual and aggregate data. *J Cataract Refract Surg*. janv 1998;24(1):57-65.
94. Cravy TV. Calculation of the change in corneal astigmatism following cataract extraction. *Ophthalmic Surg*. janv 1979;10(1):38-49.
95. Rainer G, Menapace R, Vass C, Strenn K, Papapanos P. Surgically induced astigmatism following a 4.0 mm sclerocorneal valve incision. *J Cataract Refract Surg*. avr 1997;23(3):358-64.
96. Holladay JT, Cravy TV, Koch DD. Calculating the surgically induced refractive change following ocular surgery. *J Cataract Refract Surg*. 1 sept 1992;18(5):429-43.
97. Naeser K. Conversion of keratometer readings to polar values. *J Cataract Refract Surg*. nov 1990;16(6):741-5.
98. Naeser K, Behrens JK, Naeser EV. Quantitative assessment of corneal astigmatic surgery: expanding the polar values concept. *J Cataract Refract Surg*. mars 1994;20(2):162-8.
99. Naeser K, Behrens JK. Correlation between polar values and vector analysis. *J Cataract Refract Surg*. janv 1997;23(1):76-81.
100. CENTURION® - Vitrectome / phacoémulsificateur / pompe pour aspiration des reliquats de cristallin by Alcon | MedicalExpo [Internet]. [cité 30 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.medicaexpo.fr/prod/alcon/product-80586-615705.html>
101. Helvacioğlu F, Tunc Z, Yeter C, Oguzhan H, Sencan S. Ozil IP torsional mode versus combined torsional/longitudinal microcoaxial phacoemulsification. *Eur J Ophthalmol*. déc 2012;22(6):936-42.

102. app_151_rapport_elaboration_cataracte_vf_2019-02-26_15-03-47_723.pdf [Internet]. [cité 3 août 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2019-02/app_151_rapport_elaboration_cataracte_vf_2019-02-26_15-03-47_723.pdf
103. Narendran N, Jaycock P, Johnston RL, Taylor H, Adams M, Tole DM, et al. The Cataract National Dataset electronic multicentre audit of 55 567 operations: risk stratification for posterior capsule rupture and vitreous loss. *Eye*. janv 2009;23(1):31-7.
104. Zhang L, Xu W, Yao K. [The risk factors of posterior capsule rupture in phacoemulsification of cataract]. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi Chin J Ophthalmol*. avr 2015;51(4):282-7.
105. Ergun ŞB, Kocamış Sİ, Çakmak HB, Çağıl N. The evaluation of the risk factors for capsular complications in phacoemulsification. *Int Ophthalmol*. 1 oct 2018;38(5):1851-61.
106. Rutar T, Porco TC, Naseri A. Risk Factors for Intraoperative Complications in Resident-Performed Phacoemulsification Surgery. *Ophthalmology*. 1 mars 2009;116(3):431-6.
107. Gupta D, Taravati P. Effect of surgical case order on cataract surgery complication rates and procedure time. *J Cataract Refract Surg*. 1 mars 2015;41(3):594-7.
108. Roensch AM, Charton JW, Blomquist PH, Aggarwal NK, McCulley JP. Resident experience with toric and multifocal intraocular lenses in a public county hospital system. *J Cataract Refract Surg*. mai 2012;38(5):793–798.
109. Ünal M, Yücel I, Sarici A, Artunay Ö, Devranoglu K, Akar Y, et al. Phacoemulsification with topical anesthesia: Resident experience. *J Cataract Refract Surg*. août 2006;32(8):1361–1365.
110. Randleman BJ, Srivastava SK, Aaron MM. Phacoemulsification with topical anesthesia performed by resident surgeons. *J Cataract Refract Surg*. janv 2004;30(1):149–154.
111. Desai P, Minassian DC, Reidy A. National cataract surgery survey 1997–8: a report of the results of the clinical outcomes. *Br J Ophthalmol*. 1 déc 1999;83(12):1336-40.
112. Zaidi FH, Corbett MC, Burton BJL, Bloom PA. Raising the benchmark for the 21st century—the 1000 cataract operations audit and survey: outcomes, Consultant-supervised training and sourcing NHS choice. *Br J Ophthalmol*. 1 juin 2007;91(6):731-6.
113. Ionides A, Minassian D, Tuft S. Visual outcome following posterior capsule rupture during cataract surgery. *Br J Ophthalmol*. 1 févr 2001;85(2):222-4.
114. Ang GS, Whyte IF. Effect and outcomes of posterior capsule rupture in a district general hospital setting. *J Cataract Refract Surg*. avr 2006;32(4):623–627.
115. Oliveira-Ferreira C, Leuzinger-Dias M, Tavares Ferreira J, Macedo JP, Falcão-Reis F. Cataract phacoemulsification performed by resident trainees and staff surgeons: intraoperative complications and early postoperative intraocular pressure elevation. *J Cataract Refract Surg*. avr 2020;46(4):555–561.
116. 01A_Operation_de_la_cataracte.pdf [Internet]. [cité 12 avr 2020]. Disponible sur: https://www.sfo.asso.fr/files/files//FICHE-INFO-PATIENT_/01A_Operation_de_la_cataracte.pdf
117. Ang GS, Whyte IF. Effect and outcomes of posterior capsule rupture in a district general hospital setting. *J Cataract Refract Surg*. avr 2006;32(4):623–627.

118. Corey RP, Olson RJ. Surgical outcomes of cataract extractions performed by residents using phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* janv 1998;24(1):66–72.
119. Puri S, Kiely AE, Wang J, Woodfield AS, Ramanathan S, Sikder S. Comparing resident cataract surgery outcomes under novice versus experienced attending supervision. *Clin Ophthalmol Auckl NZ.* 15 sept 2015;9:1675-81.
120. Woodfield AS, Gower EW, Cassard SD, Ramanathan S. Intraoperative Phacoemulsification Complication Rates of Second- and Third-Year Ophthalmology Residents: A 5-Year Comparison. *Ophthalmology.* 1 mai 2011;118(5):954-8.
121. Low SAW, Braga-Mele R, Yan DB, El-Defrawy S. Intraoperative complication rates in cataract surgery performed by ophthalmology resident trainees compared to staff surgeons in a Canadian academic center. *J Cataract Refract Surg.* nov 2018;44(11):1344–1349.
122. Fong CS, Mitchell P, Loryn T de, Rochtchina E, Hong T, Cugati S, et al. Long-term outcomes of phacoemulsification cataract surgery performed by trainees and consultants in an Australian cohort. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2012;40(6):597-603.
123. Dooley IJ, O'Brien PD. Subjective difficulty of each stage of phacoemulsification cataract surgery performed by basic surgical trainees. *J Cataract Refract Surg.* avr 2006;32(4):604–608.
124. Lacmanović Lončar V, Tadić R, Dujmović L, Knežević L, Koluder A, Vidović M, et al. The resident surgeon phacoemulsification learning curve at Clinical Department of Ophthalmology, Sestre milosrdnice University Hospital Center. *Acta Clin Croat.* 15 déc 2016;55(4.):549-54.
125. McCannel CA, Reed DC, Goldman DR. Ophthalmic Surgery Simulator Training Improves Resident Performance of Capsulorhexis in the Operating Room. *Ophthalmology.* 1 déc 2013;120(12):2456-61.
126. Bergqvist J, Person A, Vestergaard A, Grauslund J. Establishment of a validated training programme on the Eyesi cataract simulator. A prospective randomized study. *Acta Ophthalmol (Copenh).* 2014;92(7):629-34.
127. Belyea DA, Brown SE, Rajjoub LZ. Influence of surgery simulator training on ophthalmology resident phacoemulsification performance. *J Cataract Refract Surg.* oct 2011;37(10):1756–1761.
128. Feudner EM, Engel C, Neuhann IM, Petermeier K, Bartz-Schmidt K-U, Szurman P. Virtual reality training improves wet-lab performance of capsulorhexis: results of a randomized, controlled study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol.* juill 2009;247(7):955-63.
129. Taravella MJ, Davidson R, Erlanger M, Guiton G, Gregory D. Characterizing the learning curve in phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* juin 2011;37(6):1069–1075.
130. Randleman JB, Wolfe JD, Woodward M, Lynn MJ, Cherwek DH, Srivastava SK. The resident surgeon phacoemulsification learning curve. *Arch Ophthalmol Chic Ill 1960.* sept 2007;125(9):1215-9.
131. Ellis EM, Lee JE, Saunders L, Haw WW, Granet DB, Heichel CW. Complication rates of resident-performed cataract surgery: Impact of early introduction of cataract surgery training. *J Cataract Refract Surg.* sept 2018;44(9):1109–1115.
132. Hennig A, Schroeder B, Kumar J. Learning phacoemulsification. Results of different teaching methods. *Indian J Ophthalmol.* 9 janv 2004;52(3):233.

133. Tarbet KJ, Mamalis N, Theurer J, Jones BD, Olson RJ. Complications and results of phacoemulsification performed by residents. *J Cataract Refract Surg.* nov 1995;21(6):661–665.
134. Mangan MS, Atalay E, Arıcı C, Tuncer İ, Bilgeç MD. Comparison of Different Types of Complications in the Phacoemulsification Surgery Learning Curve According to Number of Operations Performed. *Turk J Ophthalmol.* janv 2016;46(1):7-10.
135. Carricondo PC, Fortes ACFM, Mourão P de C, Hajnal M, Jose NK. Senior resident phacoemulsification learning curve. *Arq Bras Oftalmol.* févr 2010;73(1):66-9.
136. Hashemi H, Mohammadpour M, Jabbarvand M, Nezamdoost Z, Ghadimi H. Incidence of and risk factors for vitreous loss in resident-performed phacoemulsification surgery. *J Cataract Refract Surg.* sept 2013;39(9):1377-82.
137. Yulan W, Yaohua S, Jinhua T, Min W. Step-by-step phacoemulsification training program for ophthalmology residents. *Indian J Ophthalmol.* nov 2013;61(11):659-62.
138. Kang MJ, Padmanabhan SP, Schallhorn J, Parikh N, Ramanathan S. Improved utilization of operating room time for trainee cataract surgery in a public hospital setting. *J Cataract Refract Surg.* févr 2018;44(2):186–189.
139. Hosler MR, Scott IU, Kunselman AR, Wolford KR, Oltra EZ, Murray WB. Impact of Resident Participation in Cataract Surgery on Operative Time and Cost. *Ophthalmology.* 1 janv 2012;119(1):95-8.
140. Taravella MJ, Davidson R, Erlanger M, Guiton G, Gregory D. Time and cost of teaching cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1 févr 2014;40(2):212-6.
141. Patel SN, Ali SF, Clarke C, Kim J, Murri M, Tuft M, et al. Etiology and treatment outcomes of persistent postoperative inflammation in primary resident-performed cataract surgeries at a large tertiary care public hospital. *J Cataract Refract Surg.* juill 2018;44(7):856–863.
142. Mitra RA, Borrillo JL, Dev S, Mieler WF, Koenig SB. Retinopathy Progression and Visual Outcomes After Phacoemulsification in Patients With Diabetes Mellitus. *Arch Ophthalmol.* 1 juill 2000;118(7):912-7.
143. Panozzo G, Staurenghi G, Dalla Mura G, Giannarelli D, Alessio G, Alongi S, et al. Prevalence of diabetes and diabetic macular edema in patients undergoing senile cataract surgery in Italy: The Diabetes and CATaract study. *Eur J Ophthalmol.* mars 2020;30(2):315-20.
144. Yoon DH, Kang DJ, Kim MJ, Kim HK. New observation of microcystic macular edema as a mild form of cystoid macular lesions after standard phacoemulsification: Prevalence and risk factors. *Medicine (Baltimore).* avr 2018;97(15):e0355.
145. Payal AR, Gonzalez-Gonzalez LA, Chen X, Cakiner-Egilmez T, Chomsky A, Baze E, et al. Outcomes of cataract surgery with residents as primary surgeons in the Veterans Affairs Healthcare System. *J Cataract Refract Surg.* mars 2016;42(3):370–384.
146. Klijn S, van der Sommen CM, Sicam VADP, Reus NJ. Value of posterior keratometry in the assessment of surgically induced astigmatic change in cataract surgery. *Acta Ophthalmol (Copenh).* août 2016;94(5):494-8.

147. Denoyer A, Ricaud X, Van Went C, Labbé A, Baudouin C. Influence of corneal biomechanical properties on surgically induced astigmatism in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* août 2013;39(8):1204–1210.
148. Luo L, Lin H, He M, Congdon N, Yang Y, Liu Y. Clinical Evaluation of Three Incision Size–Dependent Phacoemulsification Systems. *Am J Ophthalmol.* 1 mai 2012;153(5):831-839.e2.
149. Sethi HS, Saluja K, Naik MP. Comparative analysis of coaxial phacoemulsification with 2.2- and 2.8-mm clear corneal incisions. *Int Ophthalmol.* 1 févr 2018;38(1):215-22.
150. Lundström M, Barry P, Leite E, Seward H, Stenevi U. 1998 European cataract outcome study: Report from the European Cataract Outcome Study Group. *J Cataract Refract Surg.* août 2001;27(8):1176–1184.
151. Simon SS, Chee YE, Haddadin RI, Veldman PB, Borboli-Gerogiannis S, Brauner SC, et al. Achieving Target Refraction after Cataract Surgery. *Ophthalmology.* 1 févr 2014;121(2):440-4.
152. Porela-Tiihonen S. Recovery after cataract surgery. *Acta Ophthalmol (Copenh).* 2016;94(5):523-4.
153. Li X, He Y, Su T, Tian Y, Wang Y, Xia X, et al. Comparison of clinical outcomes between cystotome-assisted prechop phacoemulsification surgery and conventional phacoemulsification surgery for hard nucleus cataracts: A CONSORT-compliant article. *Medicine (Baltimore).* nov 2018;97(46):e13124.
154. Zeng M, Liu X, Liu Y, Xia Y, Luo L, Yuan Z, et al. Torsional ultrasound modality for hard nucleus phacoemulsification cataract extraction. *Br J Ophthalmol.* 1 août 2008;92(8):1092-6.
155. Walkow T, Anders N, Klebe S. Endothelial cell loss after phacoemulsification: relation to preoperative and intraoperative parameters. *J Cataract Refract Surg.* mai 2000;26(5):727-32.
156. Dick HB, Kohnen T, Jacobi FK, Jacobi KW. Long-term endothelial cell loss following phacoemulsification through a temporal clear corneal incision. *J Cataract Refract Surg.* févr 1996;22(1):63-71.
157. Li X, He Y, Su T, Tian Y, Wang Y, Xia X, et al. Comparison of clinical outcomes between cystotome-assisted prechop phacoemulsification surgery and conventional phacoemulsification surgery for hard nucleus cataracts. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 16 nov 2018 [cité 19 avr 2020];97(46). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6257572/>
158. Perone JM, Boiche M, Lhuillier L, Ameloot F, Premy S, Jeancolas A-L, et al. Correlation Between Postoperative Central Corneal Thickness and Endothelial Damage After Cataract Surgery by Phacoemulsification. *Cornea.* mai 2018;37(5):587-90.
159. Orski M, Synder A, Pałenga-Pydyn D, Omulecki W, Wilczyński M. The effect of the selected factors on corneal endothelial cell loss following phacoemulsification. *Klin Oczna.* 2014;116(2):94-9.
160. Chamorro F, Briones C, Loézar C, León Á, Arancibia M, Stojanova J, et al. Corneal endothelial cell loss associated to phacoemulsification and ophthalmologist experience: prospective analysis of individual secondary data. *Medwave.* 29 oct 2018;18(6):e7314.
161. O'Brien PD, Fitzpatrick P, Kilmartin DJ, Beatty S. Risk factors for endothelial cell loss after phacoemulsification surgery by a junior resident. *J Cataract Refract Surg.* avr 2004;30(4):839–843.

162. Ofir S, Abulafia A, Kleinmann G, Reitblat O, Assia EI. Surgically induced astigmatism assessment: comparison between three corneal measuring devices. *J Refract Surg Thorofare NJ* 1995. avr 2015;31(4):244-7.

163. Blomquist PH, Sargent JW, Winslow HH. Validation of Najjar-Awwad cataract surgery risk score for resident phacoemulsification surgery. *J Cataract Refract Surg.* oct 2010;36(10):1753-7.

Annexes :

Annexe 1 : Compte rendu opératoire type (DOUAI).

CATARACTE PHACO EMULSIFICATION

Côté opéré :

Anesthésie :

- INSTALLATION PATIENT EN DECUBITUS DORSAL
- DOUBLE DESINFECTION A LA BETADINE OPHTALMIQUE, ŒIL ET CUL DE SAC CONJONCTIVAUX
- MISE EN PLACE DU CHAMP OPERATOIRE STERILE, MISE EN PLACE DU BLEPHAROSTAT
- INCISION DE SERVICE COUTEAU 15°, PUIS PRE INCISION DE L'INCISION PRINCIPALE
- INJECTION DE VISCO ELASTIQUE
- INCISION PRINCIPALE AU COUTEAU CALIBRE
- CAPSULORHEXIS A L'AIGUILLE COMPLETE A LA PINCE APRES INITIATION AU KYSTITOME
- HYDRO DISSECTION, ROTATION DE NOYAU
- PHACO EMULSIFICATION DU NOYAU SELON LA TECHNIQUE DE LA CROIX APRES CRACKING
- ABLATION DES MASSES, POLISSAGE DE LA CAPSULE
- INJECTION DE VISQUEUX DANS LE SAC
- MISE EN PLACE D'UN IMPLANT DANS LE SAC : **TYPE D IMPLANT**
- ABLATION DU VISQUEUX
- ETANCHEITE DE L'INCISION PAR HYDROSUTURE CORNEENNE
- INJECTION INTRACAMERULAIRE DE 0,1 ML DE CEFUROXIME
- LAVAGE BETADINE OPHTALMIQUE
- STERDEX POMMADE
- COQUE OCULAIRE

Annexe 2 : Echelle de NAJJAR et AWWAD pour calculer le risque opératoire.

BASIC SCORE	SCORE	
1. Age of the Patient (y)		
<50	1	
50–65	2	
66–80	3	
>80	4	
2. Type of Anesthesia		
General	0	
Local	2	
Topical	4	
3. Cataract Density		
NS	ASC/PSC	
Moderate	Mild–moderate	1
Mild	Mild–moderate	2
Moderate	Dense	2
Mild	Dense	3
Dense	Dense	4
ADDITIONAL POINTS		
4. Frontal bossing/sunken globes	1	
5. High hyperopia/myopia	1	
6. History of glaucoma, uveitis, or intraocular surgery	1	
7. History of complications in the fellow eye	1	
8. Shallow anterior chamber	1	
9. Corneal cloudiness	1	
10. Poor red reflex (possible use of capsule stain)	1	
11. Pseudoexfoliation	3	
12. Poor pupil dilation	3	
TOTAL SCORE	25	

ASC = anterior subcapsular opacities; NS = nuclear sclerosis;
PSC = posterior subcapsular opacities

AUTEUR : Nom : TURKI

Prénom : Mohamed

Date de soutenance : Mercredi 30 septembre 2020.

Titre de la thèse : L'influence de la formation chirurgicale des internes en phacoémulsification sur les complications peropératoires et les résultats postopératoires.

Thèse - Médecine - Lille 2020

Cadre de classement : DES d'Ophtalmologie

DES + spécialité : Ophtalmologie

Mots-clés : phacoémulsification, formation, interne, complications peropératoires, complications postopératoires, durée opératoire, astigmatisme cornéen chirurgicalement induit, gain d'acuité visuelle, équivalent sphérique.

Résumé :

Contexte : La cataracte est la première cause de cécité et la deuxième cause de déficience visuelle dans le monde. La phacoémulsification est le traitement chirurgical de référence pour cette affection. Elle représente la chirurgie la plus enseignée aux internes en ophtalmologie. Nous avons donc étudié l'influence de la formation chirurgicale des internes en phacoémulsification sur les complications peropératoires et les résultats postopératoires.

Méthode : Il s'agit d'une étude prospective, multicentrique et observationnelle dans les services d'ophtalmologie des Centres Hospitaliers de TOURCOING et de DOUAI. Nous avons retenu 181 opérations. Les internes ont participé à 76 opérations. Nous avons comparé les opérations du chirurgien senior avec celles des internes, selon le critère de jugement principal qui est la présence d'une complication peropératoire et les critères de jugement secondaires qui sont la durée de l'opération, la présence d'une complication postopératoire, la satisfaction du patient, la variation d'astigmatisme cornéen (SIA et α_i), les gains en acuité visuelle et les résultats réfractifs objectifs postopératoires en utilisant l'équivalent sphérique.

Résultats : Une seule complication peropératoire s'est produite chez le chirurgien senior (0.9%). Cette complication était une rupture capsulaire postérieure avec une luxation d'un quartier du cristallin dans le vitré. Les internes n'ont eu aucune complication peropératoire. La comparaison de la durée totale de l'opération avait une médiane à 11 minutes (IQR : 9 ; 12) pour le chirurgien senior et une médiane à 23 minutes (IQR : 19 ; 30) pour les internes ($P < 0.001$). Nous avons constaté 6 complications postopératoires chez le chirurgien senior et également 6 chez les internes. L'absence de satisfaction des patients était dans 3 cas chez le chirurgien et 4 cas chez les internes. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le senior et les internes sur le gain d'acuité visuelle ($P = 0.71$), l'équivalent sphérique postopératoire ($P = 0.55$) et l'astigmatisme cornéen chirurgicalement induit (SIA) ($P = 0.21$).

Conclusion : Nous n'avons pas de complications peropératoires rajoutées sur les 76 cas opérés dans le cadre de la formation chirurgicale à la phacoémulsification des internes. Il existe une augmentation statistiquement significative de la durée opératoire due aux participations des internes sans différence statistiquement significative des résultats postopératoires.

Composition du Jury :

Président : Pr Jean-François ROULAND

Assesseurs : Pr Pierre LABALETTE, Pr Pierre GUERRESCHI, Dr Adrien LOSSOUARN

Directeur de thèse : Dr Mohamed ICHALALEN