

Institut des Sciences et Techniques Appliquées

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master Professionnel

OPTOMETRIE

Présenté par

LAOUER Chahinez

DJIDAR Amira

Thème

**Investigation de l'astigmatisme résiduel après chirurgie de la
cataracte : Évaluation clinique et facteurs contributifs**

Encadré par : Dr. GUERNAZI Daoud

Soutenu le 01 Juin 2025 devant le jury composé de :

Pr. Chiali

Présidente

Dr. Derdour

Examineur

Dr. GUERNAZI

Encadrant

Année universitaire 2024 – 2025

Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

*Nous adressons nos vifs remerciements les plus sincères à **Monsieur Daoud GUERNAZI**, dont l'engagement, la bienveillance et la disponibilité ont été d'un grand soutien tout au long de notre travail. Son encadrement structuré et ses conseils éclairés nous ont permis d'avancer avec confiance et rigueur et surtout de sa gentillesse. Sa présence attentive et ses orientations pertinentes ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire.*

Nous remercions sincèrement, d'une part Messieurs AKKAL Abdelmadjid autant que chef de service ophtalmologique ainsi que le Dr MEBTOUCHE Youcef médecin chef en Ophtalmologie, Service d'ophtalmologie E.H.S d'ophtalmologie de SAIDA. D'autre part KHAOUANE Leila et Dr MOKHBOT Rafik et toute l'équipe de la clinique EL OMARAA de MASCARA. Pour le temps précieux qu'ils nous ont consacré, pour leur encadrement attentif, leur confiance et leur disponibilité constante. Leur accompagnement a joué un rôle essentiel dans l'aboutissement de ce travail. Grâce à leurs orientations et à leur soutien, nous avons pu mener cette étude à bien dans les meilleures conditions.

*Nous remercions chaleureusement les **membres du jury** qui nous ont fait l'honneur de lire et d'évaluer ce travail.*

Nous voulons aussi remercier du fond du cœur nos familles, pour l'amour, le soutien et la force qu'elles nous ont donnés durant notre parcours universitaire.

Merci aussi à toutes les personnes croisées en chemin, qui ont offert un mot, un geste, un regard bienveillant.

Ce mémoire est l'aboutissement d'un engagement collectif et d'une volonté sereine de réussir.

A tous, merci infiniment.

Résumés

Résumé:

Le principal objectif du présent mémoire est centré sur l'étude de l'astigmatisme résiduel après la chirurgie de la cataracte, une pathologie fréquente, notamment chez les personnes âgées, dont le traitement repose principalement sur l'intervention chirurgicale. Toutefois, cette chirurgie peut engendrer un astigmatisme cornéen post-opératoire susceptible d'altérer la qualité visuelle s'il n'est pas correctement pris en charge.

Ce travail évalue l'astigmatisme résiduel en comparant deux techniques chirurgicales : la phacoémulsification et l'extraction extracapsulaire. L'étude examine également l'influence du secteur de prise en charge ainsi que la position de l'incision sur les résultats visuels.

Les résultats démontrent que la phacoémulsification offre une meilleure stabilité, et que la localisation de l'incision, notamment sur le méridien le plus courbé, influence significativement l'astigmatisme post-opératoire. En fonction de divers facteurs, l'astigmatisme peut augmenter, diminuer ou rester stable. Enfin, le rôle de l'optométriste s'avère essentiel dans le dépistage, la mesure, le suivi post-opératoire et l'éducation du patient vis-à-vis de la chirurgie de la cataracte et de ses implications visuelles.

Mots clés: cataracte, astigmatisme résiduel, phacoémulsification, extraction extracapsulaire, incision cornéenne, optométriste, qualité visuelle, secteur de soins.

Abstract:

The main objective of this thesis is to study residual astigmatism after cataract surgery, a common condition especially among the elderly, whose treatment primarily relies on surgical intervention. However, such surgery may induce postoperative corneal astigmatism, which can affect visual quality if not properly managed.

This research evaluates residual astigmatism following two surgical techniques: phacoemulsification and extracapsular extraction. It also compares outcomes based on the type of healthcare sector and the position of the incision.

Results show that phacoemulsification provides more stable outcomes and that the incision's location, particularly when placed on the steepest meridian, plays a key role in post-operative astigmatism. Depending on several factors, astigmatism may increase, decrease, or remain stable. The optometrist's role is vital in screening, measurement, post-operative monitoring, and patient education regarding cataract surgery and its visual effects.

Keywords: cataract, residual astigmatism, phacoemulsification, extracapsular extraction, corneal incision, optometrist, visual quality, healthcare sector.

المخلص بالعربية:

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو دراسة الاستجماتيزم المتبقي بعد جراحة الساد، وهو مرض شائع خصوصاً لدى كبار السن، ويعتمد علاجه بشكل أساسي على التدخل الجراحي. ومع ذلك، قد تُسبب هذه الجراحة استجماتيزماً قرنيّاً بعد العملية، مما قد يؤثر سلباً على جودة الرؤية إذا لم يتم التعامل معه بالشكل المناسب.

يتناول هذا البحث تقييم الاستجماتيزم المتبقي بعد استخدام تقنيتين جراحيتين مختلفتين: الفاكو (تفتيت العدسة بالموجات فوق الصوتية) والاستخراج خارج المحفظة. كما تقارن الدراسة بين النتائج حسب قطاع الرعاية وموقع شق الجراحة على القرنية.

تشير النتائج إلى أن تقنية الفاكو توفر نتائج أكثر استقراراً، وأن موقع الشق، خاصة عندما يتم على خط الزوال الأكثر انحداراً، يلعب دوراً مهماً في تأثير الجراحة على الاستجماتيزم. وقد يزداد الاستجماتيزم أو ينقص أو يبقى مستقرّاً حسب عدة عوامل. ويؤدي اختصاصي البصريّات دوراً محورياً في الكشف، والقياس، والمتابعة بعد الجراحة، وتوعية المرضى حول جراحة الساد وتأثيراتها البصرية.

الكلمات المفتاحية: الساد، الاستجماتيزم المتبقي، تفتيت العدسة، الاستخراج خارج المحفظة، شق القرنية، اختصاصي البصريّات، جودة الرؤية، قطاع الرعاية.

Table des figures

Figure 1: Schema de l'anatomie de l'œil.	2
Figure 2: Les muscles oculomoteurs	4
Figure 3: Structure microscopique de la cornée	4
Figure 4: Schéma explicatif Innervation de la cornée	6
Figure 5: Différentes couches du cristallin	9
Figure 6: Forme et structure du cristallin	11
Figure 7: Aspect intérieur du cristallin	12
Figure 8: Formation d'image d'un œil emmétrope et un œil astigmat	15
Figure 9: Représentation du trajet de la lumière réfractée par les 2 méridiens	17
Figure 10: Représentation de la Conoïde de Sturm	17
Figure 11: Organigramme représentant les différents types d'astigmatisme	18
Figure 12: Astigmatisme irrégulier: Kératocône	18
Figure 13: Astigmatisme oblique d'une cornée sphérique	19
Figure 14: Astigmatisme axiaux liés à la géométrie torique du dioptr	19
Figure 15: Extériorisation des axes d'un astigmatisme direct	20
Figure 16: Marche des rayons lumineux d'un astigmatisme direct	20
Figure 17: Extériorisation des axes d'un astigmatisme inverse	21
Figure 18: Marche des rayons lumineux d'un astigmatisme inverse	21
Figure 19: Extériorisation des axes d'un astigmatisme oblique	21
Figure 20: Différence entre cornée parfaitement sphérique et cornée astigmat	22
Figure 21: Astigmatisme simple	22
Figure 22: Astigmatisme composé	23
Figure 23: Astigmatisme mixte	23
Figure 24: Schéma des différents types d'astigmatisme	24
Figure 25: Géométrie de la cornée	25
Figure 26: Description d'un verre cylindrique	25
Figure 27: Correction d'astigmatisme avec des verres cylindriques	26
Figure 28: La différence entre un œil normal et un œil avec cataracte	32
Figure 29: Les formes cliniques de la cataracte et ses symptômes	31
Figure 30: Le Javal	33
Figure 31: Kératomètre automatique	33
Figure 32: Choix de l'implant	34
Figure 33: Technique de l'abaissement du cristallin	35
Figure 34: La méthode d'extraction de Daviel	36
Figure 35: L'écran de contrôle du phacoémulsificateur	37
Figure 36: Les repères chirurgicaux	38
Figure 37: Incision principale	38
Figure 38: Incision latérale	38
Figure 39: Répartition relative des hommes et des femmes	
Figure 40: Répartition selon l'âge	44
Figure 41: Répartition des patients opérés selon le type de cataracte	45
Figure 42: Répartition des patients opérés selon la technique d'intervention	46
Figure 43: Répartition des patients opérés selon la taille de l'incision	46
Figure 44: Graphe qui montre l'évolution de l'astigmatisme pré et postopératoire de chaque patient opéré par la Phaco	47
Figure 45: Graphe qui montre l'évolution de l'astigmatisme pré et postopératoire de chaque patient opéré par l'Extra	48

Table des matières

Remerciements.....	i
Résumés.....	ii
Table des figures	iii
Introduction générale	1

Chapitre I : Généralités

I.1. Introduction	2
I.2. Anatomie de l'œil	2
I.2.1 Les tuniques de l'œil	2
I.2.2 Contenu de l'œil	3
I.2.3 Annexes de l'œil	3
I.3 La cornée	4
I.3.1 Définition	4
I.3.2 Intérêts	5
I.3.3 Anatomie microscopique de la cornée	5
I.3.3.1 Innervation de la cornée	6
I.3.3.2 Vascularisation et nutrition de la cornée	6
I.3.4 Physiologie de la cornée	7
I.3.4.1 Propriétés mécaniques et optiques	7
I.4 Le cristallin	8
I.4.1 Définition	8
I.4.2 Intérêt	8
I.4.3 Anatomie Macroscopique	8
I.4.4 Anatomie Microscopique	9
I.4.5 Nutrition du Cristallin	11
I.4.6 Physiologie du Cristallin	12
I.5 Conclusion	13

Chapitre II : L'astigmatisme

II.1 Introduction	14
II.2 Définition de l'astigmatisme	14
II.3 Astigmatisme physiologique cornéen	18
II.4 Influence de l'astigmatisme sur la vision	18
II.4.1 Le conoïde de Sturm	17
II.4.2 Différents types d'astigmatismes	18
II.4.2.1 Astigmatisme irrégulier	18

II.4.2.2 Astigmatisme régulier	19
II.4.2.2 1 Astigmatisme conforme à la règle directe.....	20
II.4.2.2 2 Astigmatisme no conforme à la règle invers.....	20
II.4.2.2 3 Astigmatisme oblique.....	21
II.4.2.2 4 Astigmatisme simple.....	22
II.4.2.2 4 Astigmatisme composé.....	23
II.4.2.3 Evaluation de l'astigmatisme régulier	24
II.4.2.3 1 Mesure géométrique.....	24
II.4.2.3 2 La mesure géométrique.....	25
II.4.2.4 Interprétation et correction.....	26
II.5 Calcul d'astigmatisme induit	26
II.5 Conclusion.....	27

Chapitre III: La cataracte

III.1 Introduction.....	28
III.2 La cataracte	28
III.2.1 Les formes cliniques de la cataracte.....	28
III.2.1.1 La cataracte par causes	28
III.2.1.2 Classification par atteintes anatomiques de la cataracte.....	30
III.2.2 Causes de la cataracte.....	30
III.2.3 Symptômes de la cataracte	31
III.2.4 Diagnostic et préparation préopératoire	31
III.2.4.1 Diagnostic.....	31
III.2.4.2 Préalables à la chirurgie.....	32
III.3 La kératométrie	32
III.3.1 Kératométrie manuels	32
III.3.2 Kératomètres automatiques	33
III.4 Choix de l'implant	34
III.5 Traitement.....	34
III.6 L'évolution des techniques de la chirurgie de la cataracte [24].....	35
III.6.1 L'abaissement du cristallin (en 800 A. J)	35
III.6.2 L'extraction de la cataracte extra capsulaire (par Jacques Daviel en 1696-1762 et Albrecht Von Graefe en 1828-1870).....	35
III.6.3 L'extraction de la cataracte intracapsulaire (en 1961).....	36
III.6.4 L'extraction de la cataracte extra capsulaire (1980 - 1990).....	36
III.6.5 L'extraction de la cataracte par Phacoémulsification sans suture (actuellement utilisée)	37
III.6.5.1 La phacoémulsification.....	37
III.7 Conclusion	40

Chapitre IV : Chapitre IV: Investigation de l'astigmatisme résiduel après chirurgie de la cataracte.

IV.1. Introduction.....	41
IV.2. Méthodes.....	41
IV.2.1. Les critères d'inclusion ET d'exclusion.....	41
IV.2.2. Méthodologie de suivi optométrique	42
IV.2.2.1. Selon le sexe.....	43
IV.2.2.2 Selon l'âge	44
IV.2.2.3. Selon le type de la cataracte :	45
IV.2.2.4 Selon la technique de l'intervention.....	45
IV.2.2.4 Selon l'incision	46
IV.3 Evaluation de l'astigmatisme cornéen des patients opérés par les deux techniquesVariation d'astigmatisme cornéen moyenne	47
IV.4 L'astigmatisme induit par les deux techniques chirurgicales.....	49
IV.5 L'astigmatisme induit selon la valeur d'incision.....	50
IV.6 Discussion.....	50
IV.7 Conclusion.....	50
Conclusion générale	54
Recherche bibliographique	
Annexes	

Introduction Générale

Introduction générale

La vision est un sens fondamental dans la vie quotidienne. Elle nous permet de percevoir notre environnement, de nous orienter, de lire, d'écrire et d'interagir avec les autres. Le bon fonctionnement de la vision dépend principalement de deux éléments de l'œil : la cornée et le cristallin. Ces deux éléments transparents garantissent la réfraction de la lumière pour la focaliser correctement sur la rétine. Lorsque l'un de ces composants perd sa transparence ou sa forme normale, la vision devient floue ou déformée.

La cataracte est une pathologie courante, surtout chez les individus âgés. Elle se caractérise par une opacification progressive du cristallin, ce qui provoque une baisse de la vision. Le traitement de la cataracte repose aujourd'hui sur une intervention chirurgicale largement pratique : on retire le cristallin opacifié et on le remplace par un implant intraoculaire. Bien que cette chirurgie est généralement très performante, elle peut parfois provoquer des modifications au niveau de la cornée, entraînant un défaut visuel appelé astigmatisme.

L'astigmatisme est un vice de la réfraction due à une courbure irrégulière de la cornée (ou parfois du cristallin), empêchant la lumière de se focaliser correctement sur la rétine. Cela peut entraîner une vision floue, déformée ou double. Suite à une chirurgie de la cataracte, certains patients peuvent développer un astigmatisme ou voient leur astigmatisme initial s'aggraver. Ce phénomène est connu sous le nom d'astigmatisme résiduel ou astigmatisme induit par la chirurgie.

Dans ce mémoire, nous allons nous intéresser à ce type d'astigmatisme. L'objectif est d'analyser les modifications qui se produisent suite à la chirurgie, en comparant les données de la cornée avant et après l'intervention. Nous chercherons aussi à comprendre les causes possibles de l'astigmatisme induit, à savoir si certaines techniques chirurgicales ou positions d'incision influencent ce résultat. Enfin, nous suggérerons quelques conseils afin de réduire ce problème et d'améliorer l'aspect visuel des patients ayant subi une intervention de la cataracte. Notre présent mémoire sera réparti sur quatre différents chapitres enveloppés par une introduction générale et une conclusion générale.

Le premier chapitre sera réservé aux généralités dédiées à l'œil et ses annexes.

Dans le second chapitre, nous essayerons de détailler à grande envergure l'astigmatisme puis sera suivi par la cataracte dans le troisième chapitre avec tout ce qui est à rapporter dans ce contexte.

Dans le quatrième et dernier chapitre, nous essayerons de concrétiser tout ce qui a été avancé théoriquement sur le terrain pratique au niveau des hôpitaux d'état et des cliniques privées. Nous terminerons par une conclusion générale avec d'éventuelles rétrospectives et perspectives.

Chapitre I: *Généralités*

I.1. Introduction

L'œil humain est un organe complexe, et constitue un élément fondamental pour la perception visuelle. Il permet de capter les informations lumineuses qui nous entourent et de les transformer en signaux nerveux interprétés par le cerveau. L'anatomie de l'œil est divisée en plusieurs parties, chacune ayant une fonction spécifique et essentielle à la vision.

I.2. Anatomie de l'œil

De sa nature, l'œil est une véritable merveille car il constitue l'un des organes les plus perfectionnés de notre corps. Il engendre l'organe principal du système visuel, il permet de capter les images et de les convertir en signaux électriques qui seront transmis par le biais du nerf optique. L'œil a une forme sphérique d'environ 23 mm de diamètre chez l'adulte et une puissance de 59 dioptries. Il se compose de plusieurs structures, à savoir : le segment antérieur, le segment postérieur et les annexes [2, 3, 4].

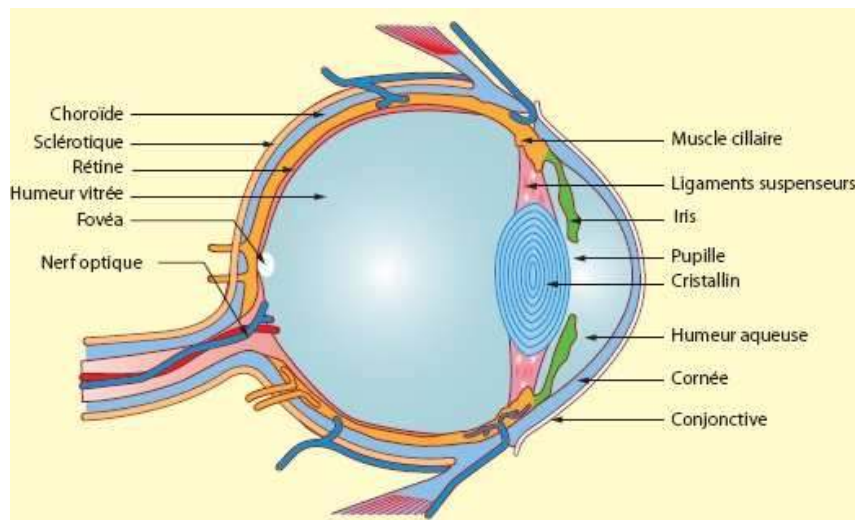


Figure 1: Schéma de l'anatomie de l'œil

À l'avant de l'œil, on distingue deux zones principales :

La chambre antérieure, située entre la cornée et l'iris, est remplie d'humeur aqueuse.

La chambre postérieure entre l'iris et le cristallin.

I.2.1 Les tuniques de l'œil

L'œil est constitué, de l'extérieur vers l'intérieur, de trois tuniques, également appelées membranes ou enveloppes [4].

➤ **La membrane externe** : Cette couche se divise en deux parties : la cornée et la sclère. Elles sont solides, épaisses et constituées de fibres collagènes. La cornée étant transparente, elle agit comme une fenêtre pour l'œil, tandis que la sclère est opaque.

- **La membrane intermédiaire :** Elle est également nommée « l'uvée » et se compose de trois parties : l'iris, le corps ciliaire et la choroïde. C'est la partie colorée en bleu.
- **La membrane interne :** Il s'agit de la couche la plus interne du globe oculaire. Elle comprend la rétine et le nerf optique.

1.2.2 Contenu de l'œil [2]

Il est composé de milieux transparents qui permettent aux rayons lumineux de parvenir jusqu'à la rétine.

- ✚ L'humeur aqueuse : est un liquide transparent, constamment renouvelé, qui maintient la pression intraoculaire. Produite par les processus ciliaires, elle circule de la chambre postérieure à la chambre antérieure via la pupille. Dans cette dernière, elle est éliminée par le trabéculum, un filtre situé dans l'angle irido-cornéen, avant de passer dans le canal de Schlemm.
- ✚ Le cristallin : est une lentille biconvexe, transparente et avasculaire, entourée d'une capsule. Il peut se déformer sous l'effet des muscles ciliaires, modifiant ainsi son pouvoir de convergence, ce qui permet le passage de la vision de loin à la vision de près, un processus appelé accommodation.
- ✚ Le corps vitré : est une substance gélatineuse claire et transparente, capable d'amortir les chocs. Il représente 90 % du volume de l'œil, avec un volume de 2/3 du volume du globe oculaire, soit les deux tiers du volume du globe oculaire. Ce tissu conjonctif transparent est entouré d'une membrane, la membrane hyaloïdienne, et est constitué à 95 % d'eau.

1.2.3 Annexes de l'œil [3]

❖ L'appareil de protection du globe oculaire

- **Les paupières :** Elles recouvrent la partie antérieure du globe oculaire et ont plusieurs fonctions : protéger l'œil, drainer les larmes et permettre l'expression faciale. Elles sont constituées de structures cutanées, musculaires et fibreuses, et sont bien vascularisées et innervées.
- **Les cils :** Ce sont des poils qui bordent les paupières, offrant une protection contre les agressions extérieures.
- **Les voies lacrymales :** Elles comprennent la glande lacrymale, qui produit et élimine les larmes. Elles incluent également les canalicules supérieurs et inférieurs, le point lacrymal et le canal lacrymo-nasal.

❖ Le système oculomoteur [3]

La motilité du globe oculaire est assurée par six muscles oculomoteurs, dont quatre muscles droits et deux muscles obliques. Ces muscles forment un cône dont le sommet est situé à l'arrière et la base à l'avant.

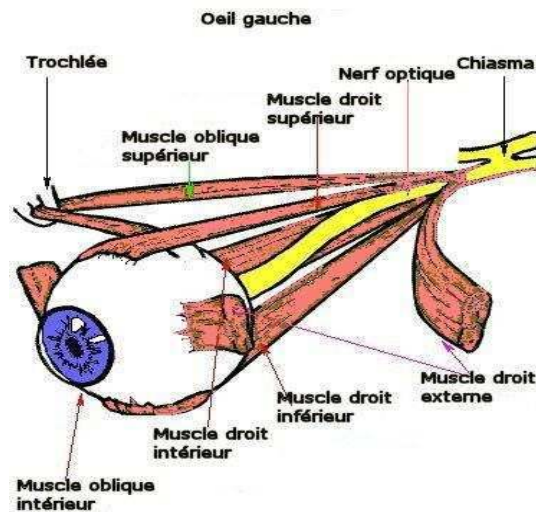


Figure 2: Les muscles oculomoteurs

Ainsi, l'œil est constitué de deux composantes :

- **Une composante optique** (cornée, pupille, cristallin, humeur aqueuse et vitrée) dont la fonction est de permettre la transmission de la lumière, ainsi que la formation et la focalisation de l'image sur la rétine.
- **Une composante nerveuse** représentée par la rétine, qui est considérée comme une partie du système nerveux central.

I.3 La cornée [2, 3]

I.3.1 Définition

Elle constitue le premier dioptré du système optique de l'œil. Pour obtenir une image nette sur la rétine, il est essentiel que la cornée soit parfaitement transparente et possède un pouvoir réfractif adéquat. En état normal, elle est avasculaire.[3]

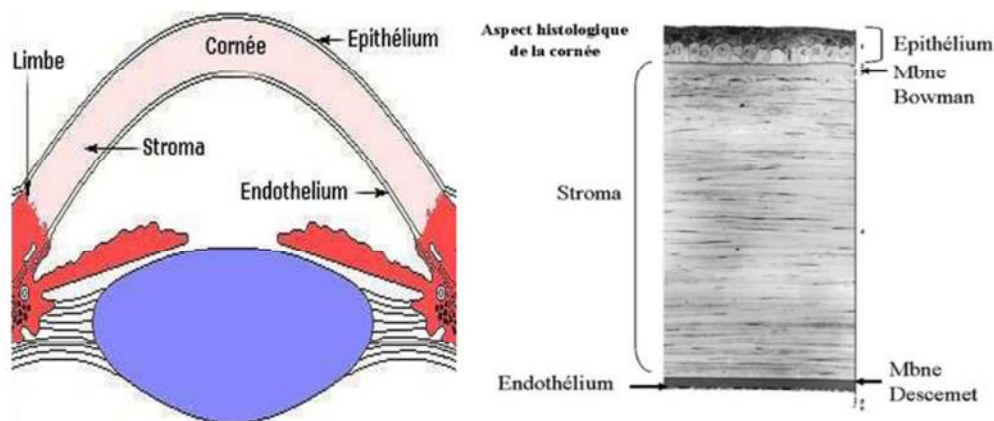


Figure 3: Structure microscopique de la cornée

I.3.2 Intérêts [2]

La cornée représente le premier élément du processus visuel. C'est un dioptre oculaire puissant qui permet la transmission, la diffusion, la réflexion et la réfraction de la lumière.

En cas de lésion, la cornée perd sa transparence. Il est donc crucial de maintenir l'intégrité de ce tissu transparent à la surface de l'œil.

Lors d'une kératoplastie, le prélèvement du greffon doit être effectué rapidement, idéalement avant la 7^e heure, car la transparence de la cornée se perd rapidement après le décès. Les rayons lumineux passent à travers la cornée et convergeant vers la rétine, elle possède des propriétés optiques qui dépendent de son anatomie. Cela inclut sa forme, sa courbure (qui détermine sa puissance), son épaisseur (qui influence sa transparence), la régularité de sa surface, ainsi que la composition de chacune de ses couches.

- **La forme** : La cornée présente une forme légèrement elliptique vue de face, avec un grand axe horizontal mesurant entre 11 et 12,5 mm et un axe vertical plus court, de 10 à 11,5 mm. Sa face postérieure est circulaire, d'un diamètre d'environ 11,7 mm.
- **Le rayon de courbure** : Le rayon de courbure de la face antérieure de la cornée est en moyenne de 7,8 mm, tandis que celui de la face postérieure est plus prononcé, avec un rayon de 6,8 mm.
- **L'épaisseur** : il varie, étant de 0,55 mm au centre et augmentant progressivement vers la périphérie, où elle atteint entre 0,7 et 1 mm au niveau du limbe.
- **Le pouvoir réfractif** : il est d'environ 42 dioptries (D), ce qui représente environ les 2/3 (70 %) du pouvoir optique total de l'œil. Son indice de réfraction est de 1,377.
- **Surface** : La cornée représente seulement 7 % de la surface totale de la sphère oculaire humaine.

I.3.3 Anatomie microscopique de la cornée [2, 3, 4]

La cornée est composée de 5 couches parallèles, avec le film pré-cornéen situé à l'avant. Ce film remplit des fonctions métaboliques et optiques, et est maintenu en place par les microvillosités et les microplis des cellules épithéliales superficielles.

- **L'épithélium** : qui constitue la couche la plus externe de la cornée, représente environ 10 % de son épaisseur totale. Il est composé de cinq à six couches de cellules, capables de se régénérer.
- **La membrane de Bowman** : elle sépare l'épithélium du stroma cornéen. Elle est acellulaire et composée de fibrilles de collagène entrelacées, sans orientation spécifique ni périodicité marquée. Elle est de 8 à 14 µm d'épaisseur.
- **Le stroma** : Il est constitué de lamelles de collagène, entre lesquelles se trouvent des fibrocytes cornéens, également appelés kératocytes, ainsi que de la substance fondamentale.
- **La membrane de Descemet** : il s'agit de la membrane basale transparente de l'endothélium cornéen. Elle est amorphe et élastique, avec une épaisseur variant de 5 à 20 µm, augmentant avec l'âge. Elle est formée de fibrilles de collagène imbriquées dans une matrice glycoprotéique.

- **L'endothélium**, qui est la couche la plus interne de la cornée, est constitué d'une seule couche d'environ 500 000 cellules plates et hexagonales, recouvrant la face postérieure de la cornée et étant en contact direct avec l'humeur aqueuse. Avec l'âge, la densité cellulaire diminue, remplacée par une augmentation du diamètre des cellules et un aplatissement, sans possibilité de renouvellement direct par mitose. En plus de ses fonctions de synthèse, l'endothélium joue un rôle de barrière en régulant les échanges entre le stroma et l'humeur aqueuse, ainsi qu'un rôle de transport actif essentiel pour maintenir la déshydratation cornéenne, condition indispensable à la transparence de la cornée.

I.3.3.1 Innervation de la cornée [2]

La cornée est extrêmement richement innervée, ce qui en fait l'un des tissus les plus sensibles du corps. Elle reçoit une innervation sensitive provenant des branches des nerfs ciliaires, qui pénètrent dans la cornée au niveau du stroma. Ces nerfs forment un plexus sous-épithélial, envoyant des branches entre les cellules épithéliales.

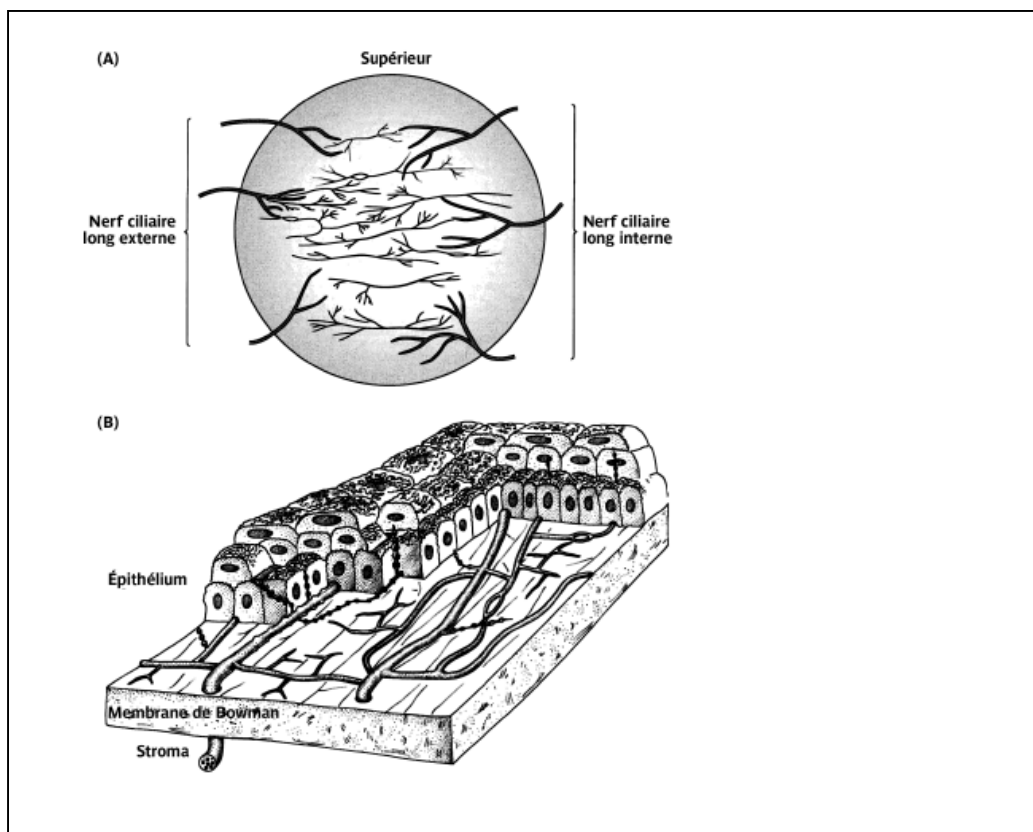


Figure 4: Schéma explicatif Innervation de la cornée

I.3.3.2 Vascularisation et nutrition de la cornée [3]

La cornée est avasculaire et reçoit ses nutriments soit par la voie vasculaire du limbe, soit par les larmes à l'avant et l'humeur aqueuse à l'arrière.

I.3.4 Physiologie de la cornée [3]

La cornée présente une composition biochimique complexe qui comprend plusieurs types de composants essentiels à sa structure et à son fonctionnement. L'eau constitue entre 75 et 80 % du poids du stroma et joue un rôle crucial dans le maintien de l'hydratation et de la transparence cornéenne. Les protéines solubles présentes dans la cornée incluent l'albumine, la sidérophiline, les globulines et le collagène soluble. Le collagène représente environ 70 % du poids sec du stroma. Il est organisé sous forme de trop collagène et de fibrilles de collagène, et est produit par cinq types de kératocytes. Les glycoprotéines structurales, telles que les mucopolysaccharides neutres, se lient aux fibrilles de collagène et participent à la constitution du squelette stromal, tout en étant responsables de la spécificité antigénique du stroma. Les protéines de surface, telles que la lamine dans les membranes basales et les fibronectines qui assurent la liaison entre les cellules stromales et le collagène, sont également présentes.[3, 4]

Les protéoglycanes, constitués de glycosaminoglycanes ou de mucopolysaccharides acides, ont un double rôle : combler l'espace entre les cellules et le collagène et contribuer à l'hydratation de la cornée. En termes d'enzymes, l'acétylcholine est présente, ainsi que des enzymes impliquées dans la dégradation du glucose au niveau de l'épithélium et de l'endothélium, ainsi que des enzymes mitochondriales dans le stroma. Enfin, les ions sodium (Na^+) sont prédominants dans le stroma, tandis que l'épithélium est riche en ions potassium (K^+). Le glucose et d'autres métabolites sont principalement présents dans l'épithélium, où ils participent aux processus métaboliques[2, 3]

I.3.4.1 Propriétés mécaniques et optiques[2, 3]

Propriétés Mécaniques

La cornée joue un rôle essentiel dans la structure du globe oculaire en contribuant à sa forme et en résistant à la pression intraoculaire. Elle est élastique et légèrement dépressive, notamment grâce à la membrane de Descemet, qui est particulièrement élastique et résistante aux enzymes protéolytiques.

Propriétés Optiques

En tant que premier dioptre de l'œil, la cornée remplit plusieurs fonctions optiques :

- **La transmission de la lumière** : une grande quantité de la lumière visible est transmise par la cornée et le reste réfléchi ou absorbé.
- **Diffusion** : La diffusion de la lumière est faible et la lumière incidente est principalement dirigée grâce à l'orientation des fibrilles de collagène dans le stroma.
- **Réflexion** : La cornée agit comme un miroir convexe, et la qualité de la réflexion dépend de la régularité de la surface épithéliale ainsi que de l'état du film lacrymal.
- **Réfraction** : La cornée fonctionne comme une lentille convergente avec une puissance de 47 dioptries pour sa face antérieure, -5 dioptries pour la face postérieure, et une puissance totale de

42 dioptries. L'indice de réfraction du stroma est de 1,377, celui du collagène est de 1,55, et celui de la substance fondamentale est de 1,34.

I.4 Le cristallin

I.4.1 Définition

Le cristallin est une lentille biconvexe et transparente, dépourvue de vaisseaux sanguins et de fibres nerveuses. Il est entouré d'une capsule et est relié au corps ciliaire par la zonule de Zinn. [4]

I.4.2 Intérêt [2, 4]

Le cristallin joue un rôle clé dans l'accommodation en raison de son élasticité. Avec l'âge, cette capacité diminue, ce qui entraîne la presbytie. Par ailleurs, la perte partielle ou totale de la transparence du cristallin est à l'origine de la cataracte. Ces dernières années, cette condition a bénéficié d'une avancée chirurgicale importante avec l'introduction de la phacoémulsification (PKE)[2].

I.4.3 Anatomie Macroscopique[2, 3]

- ❖ **Position** : Le cristallin est situé entre l'iris à l'avant et le corps vitré à l'arrière.
- ❖ **Aspect et Consistance** : Le cristallin est une lentille biconvexe, légèrement aplatie à l'avant. Il présente deux faces qui se rejoignent à la périphérie pour former l'équateur du cristallin. Chaque face est centrée par un pôle. Chez l'enfant, le cristallin est totalement transparent, mais il prend une teinte ambrée avec l'âge, surtout chez les personnes âgées. En termes de consistance, il est mou chez l'enfant, ferme chez l'adulte et dur chez le vieillard.
- ❖ **Dimensions** : Chez l'adulte emmétrope, les dimensions du cristallin sont les suivantes :
 - **Diamètre frontal** : 10 mm
 - **Diamètre antéro-postérieur** : 4 mm
 - **Rayon de courbure antérieur** : 10 mm
 - **Rayon de courbure postérieur** : 6 mm
 - Ces dimensions varient en fonction de l'âge et de l'accommodation.
- ❖ **Poids moyen** :
 - À la naissance : 65 mg
 - Chez l'adulte : 190 à 220 mg
 - Chez les personnes âgées (>80 ans) : 260 mg
- ❖ **Volume moyen** :
 - À la naissance : 72 mm³
 - Chez l'adulte jeune : 180 mm³
 - Chez les personnes âgées (80 à 90 ans) : 238 mm³
- ❖ **Structure** [2] : Le cristallin est constitué de différentes zones allant du centre vers la périphérie.

- **Le noyau embryonnaire** : Situé au centre, il est composé de deux formations en forme de grains de café, opposées par leur concavité et séparées par un espace optiquement vide.
- **Le noyau fœtal** : Entoure le noyau embryonnaire et constitue le cristallin à la naissance.
- **Le noyau adulte** : Formation plus développée à l'âge adulte.
- **Les corticales antérieure et postérieure** : Formées par l'accumulation successive des fibres cristalliniennes provenant de l'épithélium de la région équatoriale.
- **La cristalloïde** : Elle enveloppe toutes les structures précédentes et présente un aspect chagriné.

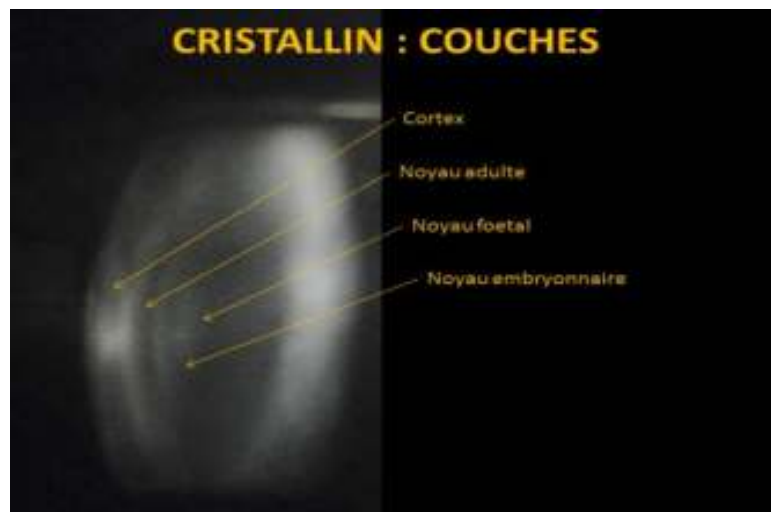


Figure 5: Différentes couches du cristallin

❖ Indice de réfraction et puissance optique

- **Indice de réfraction** : 1,40 - 1,42
- **Puissance optique** : 21 dioptries (δ)

I.4.4 Anatomie Microscopique[2, 3]

- **La Capsule** : La capsule du cristallin est une membrane élastique et solide, avec une épaisseur de 14 μm à l'avant et de 4 μm à l'arrière. Elle sert de point d'attache pour les fibres zonulaires, qui se fixent de part et d'autre de l'équateur du cristallin, formant ainsi la lamelle zonulaire. Cette capsule est riche en mucopolysaccharides et constitue une barrière entre les fibres cristalliniennes, l'humeur aqueuse à l'avant et le vitré à l'arrière.

- **L'Épithélium Cristallinien** : L'épithélium cristallinien se trouve uniquement sur la face antérieure du cristallin. Il est constitué d'une couche de cellules cylindro-cubiques et présente quatre zones distinctes, du centre à l'équateur :
 - Épithéliocentrale
 - Épithéliodistale
 - Mitotique (région du vortex)
 - Zone de protofibres

- **Les Fibres Cristalliniennes** : Les fibres cristalliniennes constituent la majorité de la masse du cristallin. Elles proviennent des cellules de l'épithélium antérieur qui se transforment en fibres au niveau de l'équateur. En coupe transversale, ces fibres ont une forme hexagonale aplatie. Les fibres superficielles contiennent un noyau ovalaire et un cytoplasme avec peu d'organites. Leur cytosquelette est composé de filaments d'actine et de vimentine. À mesure que l'on descend en profondeur, les fibres deviennent plus rectilignes et plus courtes. À de grandes profondeurs, les seules structures encore visibles sont les mitochondries.
- **Apports du Cristallin**
 - **En avant** : Il forme la limite postérieure de la chambre postérieure de l'œil.
 - **En arrière** : Il répond à l'hyaloïde antérieure, qui fait partie du corps vitré.
 - **Entre la zonule et le vitré** : Cet espace est appelé l'espace de Hannover.
 - **En dehors** : Il est en rapport avec le corps ciliaire.
 - **En dedans** : Il est en rapport avec l'équateur du cristallin.

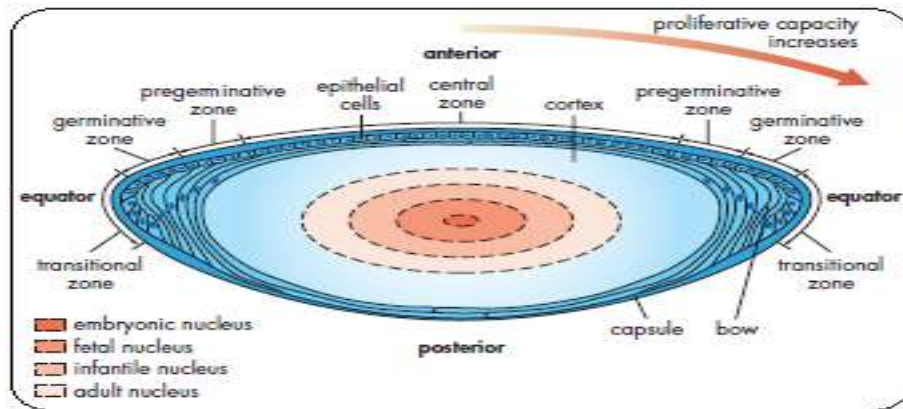


Fig. 2 : Forme et structure du cristallin

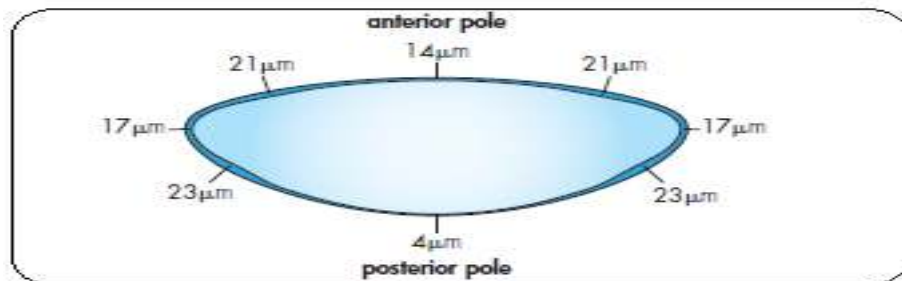


Fig. 3 : Epaisseur de la capsule du cristallin



Fig. 4 : Variations du diamètre du cristallin au cours de l'accommodation

Figure 6: Forme et structure du cristallin

I.4.5 Nutrition du Cristallin

Le cristallin est un tissu exclusivement épithélial et avasculaire, ce qui signifie qu'il ne possède pas de vaisseaux sanguins pour son approvisionnement en nutriments. Sa nutrition est donc assurée par l'humeur aqueuse, le liquide qui remplit la chambre antérieure de l'œil. Il existe un lien étroit entre la composition de l'humeur aqueuse et les propriétés du cristallin, ce qui influence directement le métabolisme cristallinien et son bon fonctionnement figure 7.[3]

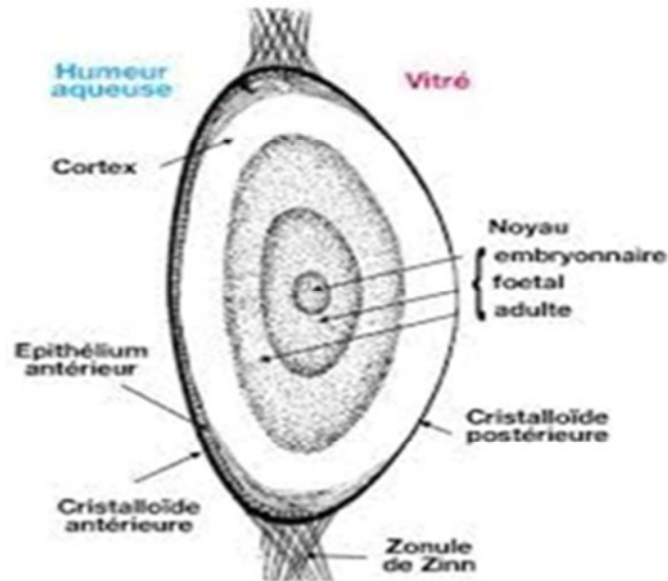


Figure 7: Aspect intérieur du cristallin

I.4.6 Physiologie du Cristallin [2, 3]

- ✚ **Transparence du Cristallin :** La transparence est l'une des caractéristiques principales du cristallin, permettant la transmission des faisceaux lumineux. À la naissance, le cristallin présente une excellente transparence, assurant une transmission quasi parfaite des rayons lumineux. Cette transmission varie en fonction de la longueur d'onde de la lumière incidente. Cependant, la transparence du cristallin diminue progressivement avec l'âge, ou en cas de traumatisme ou de perturbation du métabolisme du cristallin.
- ✚ **Modification de la transparence du cristallin avec l'âge :** Les modifications qualitatives et quantitatives de la transmission lumineuse effectuée par le cristallin sont principalement liées au phénomène de diffusion, qui correspond à la dispersion de la lumière. Chaque partie du cristallin possède des propriétés spécifiques de transparence, et l'augmentation de la diffusion lumineuse avec l'âge affecte surtout le cortex antérieur et le noyau du cristallin.
- ✚ **Modifications des dimensions du cristallin avec l'âge :** Tout au long de la vie, le cristallin subit un grossissement progressif, ce qui entraîne des changements dans sa géométrie. Le rayon de courbure des faces antérieure et postérieure du cristallin diminue avec le temps, entraînant ainsi une augmentation de la courbure du cristallin.
- ✚ **Changement cristallinien :** Avec l'âge, la consistance du cristallin se modifie. Le cortex et le noyau se compartimentent, et le noyau se durcit tandis que l'élasticité du cortex augmente. Bien que l'élasticité de la capsule permette le bombement de la face antérieure du cristallin, c'est désormais le cortex qui impose ce bombement, tant qu'il conserve son élasticité. Cette combinaison d'une diminution de l'élasticité de la capsule et d'une augmentation de celle du

cortex empêche le cristallin de répondre efficacement aux mécanismes d'accommodation, conduisant à des difficultés d'ajustement de la vision, particulièrement de près.



Changement capsulaire : Le collagène présent dans la capsule cristallinienne s'accumule avec le temps, mais il se renouvelle très peu. Cette accumulation entraîne une augmentation de l'épaisseur et de la rigidité de la capsule, qui perd ainsi de son élasticité. Ces changements contribuent également aux difficultés d'accommodation et au vieillissement général du cristallin.

I.5 Conclusion

L'anatomie de l'œil humain révèle un système complexe et hautement spécialisé, dont chaque composant joue un rôle précis dans la perception visuelle. De la protection fournie par la sclère à la régulation de la lumière par l'iris et la cornée, chaque structure de l'œil contribue à la transformation des stimuli lumineux en informations compréhensibles par le cerveau. Le processus de vision, bien que naturel et quotidien, repose sur une interaction sophistiquée entre les différentes parties de l'œil, comme la rétine, le cristallin, et le nerf optique, permettant ainsi une expérience visuelle claire et détaillée. La compréhension approfondie de l'anatomie de l'œil est essentielle, non seulement pour apprécier la merveille de ce sens, mais aussi pour mieux diagnostiquer et traiter les troubles visuels. Cette complexité et cette précision soulignent l'importance de préserver la santé oculaire et d'approfondir les recherches en ophtalmologie pour améliorer les traitements et solutions en matière de vision.[2, 3]

Chapitre II: *L'astigmatisme*

II.1 Introduction

L'astigmatisme est une anomalie courante de la réfraction oculaire qui se caractérise par une irrégularité de la courbure de la cornée ou, plus rarement, du cristallin. Pour les individus astigmates, la cornée a une forme torique, similaire à celle d'un ballon ovale, engendrant ainsi deux points focaux distincts. Cette disposition entraîne une concentration inexacte de la lumière sur la rétine, conduisant à une vision indistincte, distordue ou erronée, tant pour les objets proches que lointains.

L'astigmatisme peut être classé en deux grandes catégories : régulier et irrégulier. L'astigmatisme régulier, le plus fréquent, est défini par deux méridiens principaux perpendiculaires entre eux, présentant des rayons de courbure constants. Il est généralement associé à une hérédité ou à des facteurs développementaux. En revanche, l'astigmatisme irrégulier, souvent causé par une pathologie cornéenne (comme le kératocône), présente une courbure non uniforme et des méridiens non perpendiculaires, rendant sa correction plus complexe.

Parmi les symptômes de l'astigmatisme figurent la fatigue visuelle, les céphalées, les problèmes de concentration visuelle, la vision trouble ou double et, parfois, la déformation des lignes droites. Il est crucial de détecter et d'évaluer ce trouble avec précision pour assurer une correction visuelle appropriée.

II.2 Définition de l'astigmatisme [4]

L'astigmatisme est un défaut optique de l'œil dû à une anomalie de la courbure des milieux réfringents de l'œil, qui provoque un flou visuel de loin et de près. Lorsque ce défaut est fort, il se traduit par une vision floue et déformée, une fatigue oculaire ; un besoin de plisser les yeux, un mal de tête ou encore une gêne en présence d'une forte lumière. L'astigmatisme peut être induit par une intervention chirurgicale (greffe de la cornée, intervention de cataracte) une infection, une plaie ou un traumatisme cornéen.

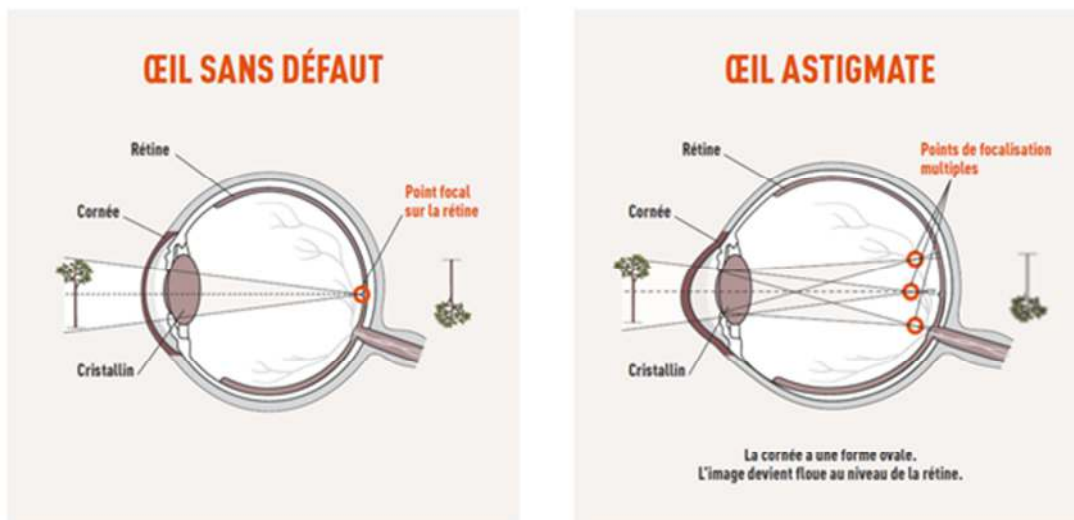


Figure 8: Formation d'image d'un œil emmétrype et un œil astigmatique

- **Classification [4]**

L'astigmatisme peut se classifier :

1. **Externe** : lié au non sphéricité de la face antérieure de la cornée qui est le dioptrique de l'œil ayant la plus grande puissance, il s'agit de l'astigmatisme cornéen.
2. **Interne** : la face postérieure de la cornée et/ou les faces du cristallin peuvent être en cause, mais dans la mesure où leurs puissances sont plus faibles, il est rare qu'un astigmatisme interne soit à l'origine d'une anomalie de la rétine.
3. **Mixte** : la combinaison de l'astigmatisme interne et externe.

II.3 Astigmatisme physiologique cornéen [5]

L'astigmatisme physiologique est une forme fréquente d'astigmatisme que l'on retrouve chez de nombreux individus. Il se manifeste par une irrégularité légère dans la courbure de la cornée ou du cristallin, provoquant une vision indistincte ou altérée. Cette condition est généralement perçue comme normale et n'affecte pas significativement la qualité de la vision.

Chez les jeunes individus, l'astigmatisme physiologique se situe généralement entre 0,50 et 0,75 dioptrie. Des études ont montré que 70 % des patients consultés en ophtalmologie présentent un astigmatisme cornéen supérieur ou égal à 0,50 dioptrie, tandis que 30 à 40 % ont un cylindre cornéen supérieur ou égal à 1,00 dioptrie.

L'astigmatisme physiologique est souvent asymptomatique et ne demande pas de correction ; des solutions existent pour ceux qui éprouvent une gêne visuelle et pour les cas d'astigmatisme physiologique léger, une correction n'est généralement pas requise.

II.4 Influence de l'astigmatisme sur la vision [7]

L'œil astigmatique est incapable de former à partir d'un point objet, une image ponctuelle sur la rétine, il en résulte une image étalée entre plusieurs foyers images, située à des distances focales différentes.

Des études ont démontré que l'astigmatisme non corrigé peut entraîner une diminution de l'acuité visuelle, affectant ainsi la capacité à distinguer les détails fins, aussi bien de loin que de près, un astigmatisme quand il est modéré, n'altère parfois que légèrement la vision, du fait que certaines mimiques comme le plissement force des paupières

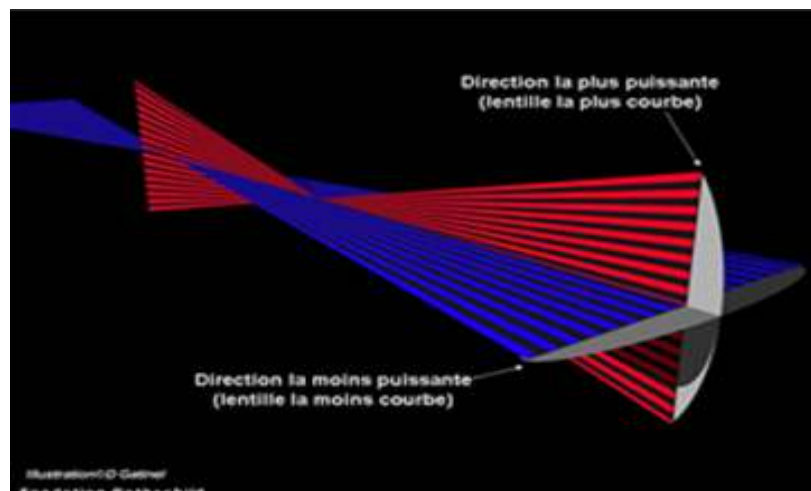


Figure 9: Représentation du trajet de la lumière réfractée par les 2 méridiens. [8]

II.4.1 Le conoïde de Sturm [6, 9, 10]

L'image d'un astigmatisme n'est pas ponctuelle, mais se réfracte en formant une figure géométrique particulière appelée : conoïde de Sturm.

Les deux lignes focales perpendiculaires se trouvent aux extrémités du conoïde, chaque ligne correspondant à l'une des deux courbures principales, qui sont positionnées de manière orthogonale. Entre ces deux points, le faisceau lumineux se présentera sous la forme d'une ellipse à axe variable, traversant un cercle dit de moindre diffusion. Ce point particulier correspond à une réfraction identique quel que soit le méridien.

Le conoïde de Sturm est ainsi, la forme tridimensionnelle prise par la lumière focalisée dans un système astigmatique. Il inclut trois aspects essentiels :

- Foyer antérieur : là où se forme la première ligne focale, correspondant au méridien le plus courbé.
- Foyer postérieur : où la seconde ligne focale (correspondant au méridien le moins courbé) est formée.
- Cercle de moindre diffusion : lieu intermédiaire entre les deux foyers où l'image est la plus nette et la moins déformée.

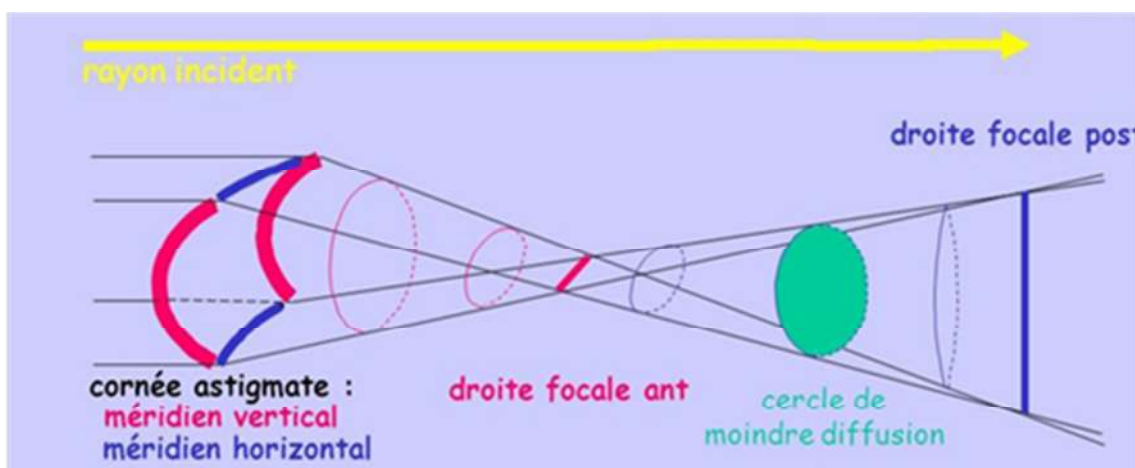


Figure 10 : Représentation de la Conoïde de Sturm. [11]

II.4.2 Différents types d'astigmatismes [12]

L'organigramme suivant montre les différents types d'astigmatismes

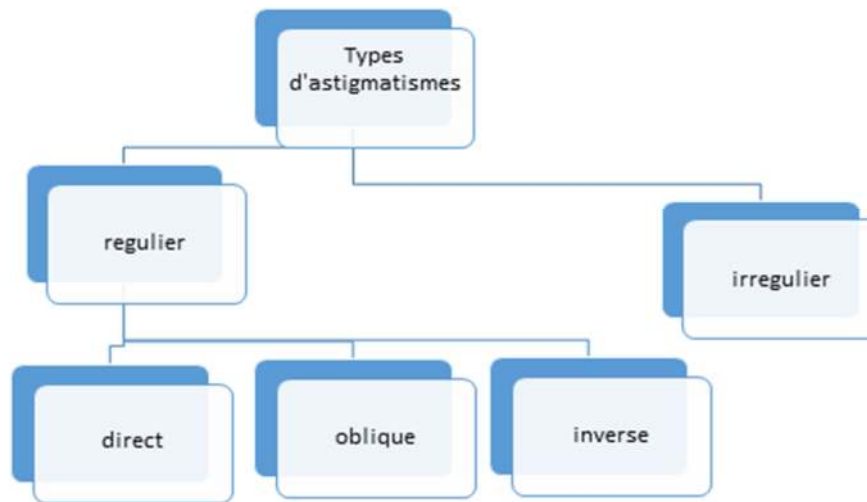


Figure 11: Organigramme représentant les différents types d'astigmatisme. [9]

II.4.2.1 Astigmatisme irrégulier [9, 23]

Il s'agit d'un astigmatisme d'ordre supérieur où il existe plusieurs méridiens principaux. Il est le plus souvent acquis. Les étiologies les plus souvent observées comprennent le kératocône, le traumatisme, l'abcès cornéen ou le ptérygion.

La puissance du rayon de courbure cornéen est variable d'un méridien donné à un autre. la correction par des verres de lunettes à cause des aberrations optiques créées par cette déformation irrégulière.

Pour reconnaître un astigmatisme irrégulier, l'utilisation des méthodes d'exploration actuelles telles que la vidéo topographie par disque de Placido, la topographie d'élévation par fente, ou encore l'Abérométrie est essentielle.

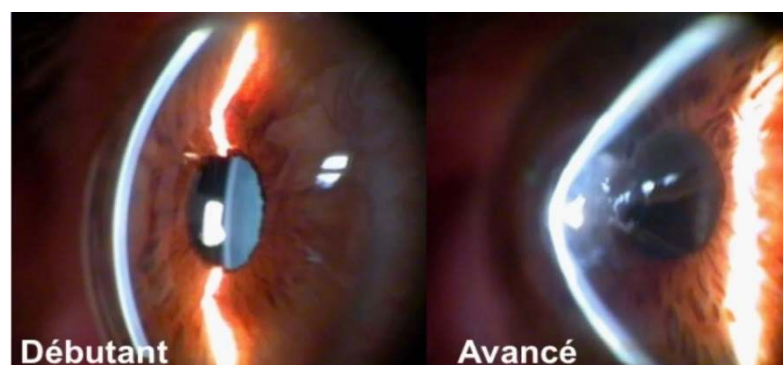


Figure 12: Astigmatisme irrégulier : Kératocône.[14]

II.4.2.2 Astigmatisme régulier [11, 12]

L'astigmatisme régulier est le plus souvent congénital. Contrairement à l'astigmatisme irrégulier, ces deux méridiens principaux sont orthogonaux et la variation des rayons de courbures cornéens est constante et régulière, lors du passage d'un méridien donné à un autre. L'image sur la rétine d'un objet est alors représentée par 2 droites focales.

Le rayon de courbure varie régulièrement d'un méridien à l'autre et provoque une focalisation des faisceaux le long du conoïde de Sturm. Cet astigmatisme peut avoir une origine purement optique et être lié à l'inclinaison des rayons lumineux quelle que soit la géométrie du dioptré, il en résulte un astigmatisme oblique. Comme il peut dépendre de la surface irrégulière du dioptré et entraîner un astigmatisme axial.

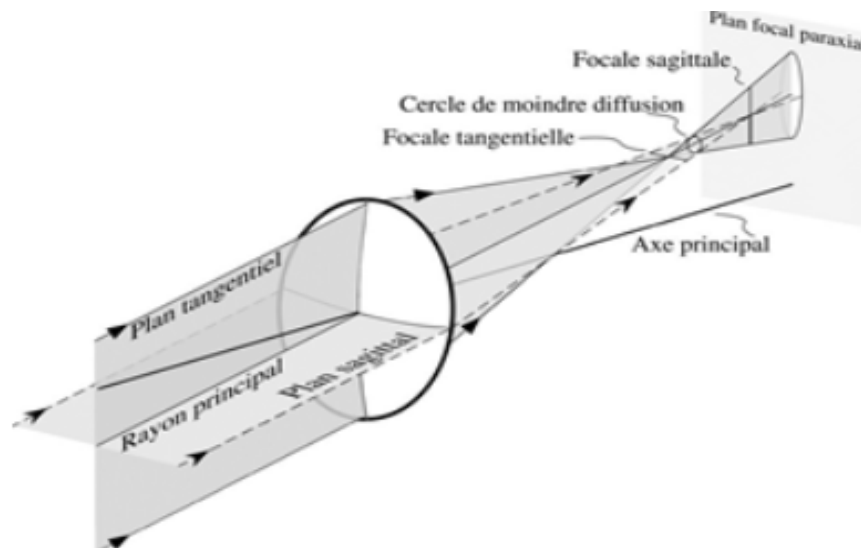


Figure 13: Astigmatisme oblique d'une cornée sphérique. [6]

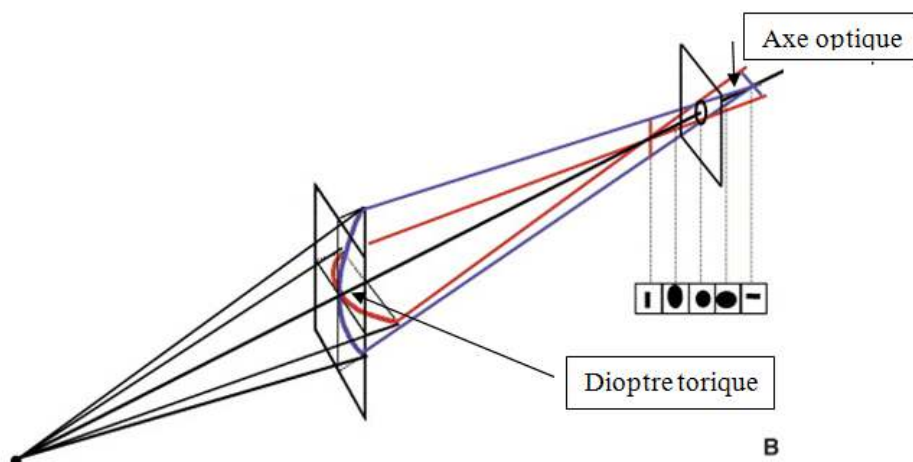


Figure 14: Astigmatisme axial lié à la géométrie torique du dioptré. [5]

On distingue 3 catégories d'astigmatisme régulier

II.4.2.2.1 Astigmatisme conforme à la règle (direct) [6]

C'est la forme d'astigmatisme la plus courante, ses méridiens verticaux (entre 60° et 120°) sont plus puissants que les méridiens horizontaux ($0^\circ/30^\circ$ et $150^\circ/180^\circ$). , le plus réfractif est le plus bombé.

La moins réfractive c'est la focale horizontale, elle est située en avant de la focale verticale. Il se corrige avec des verres cylindriques ou des lentilles toriques.

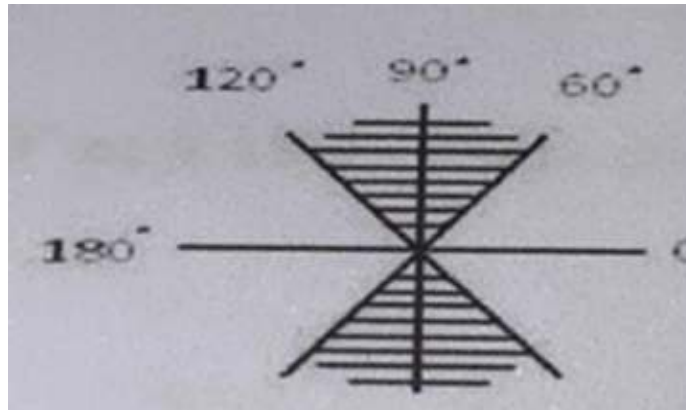


Figure 15: Extériorisation des axes d'un astigmatisme direct. [8]

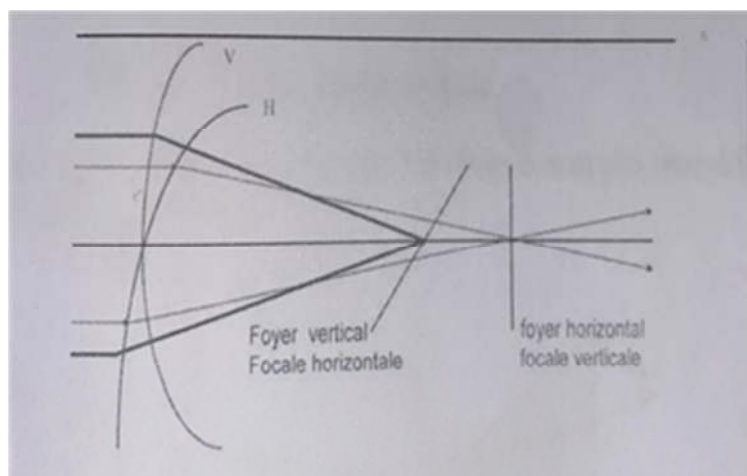


Figure 16: Marche des rayons lumineux d'un astigmatisme direct. [7]

II.4.2.2.2 Astigmatisme non conforme à la règle (inverse)

L'astigmatisme inverse c'est moins fréquent que l'astigmatisme direct, où les méridiens verticaux sont moins puissants que les méridiens horizontaux. Le méridien vertical est par conséquent le moins réfringent. [5]

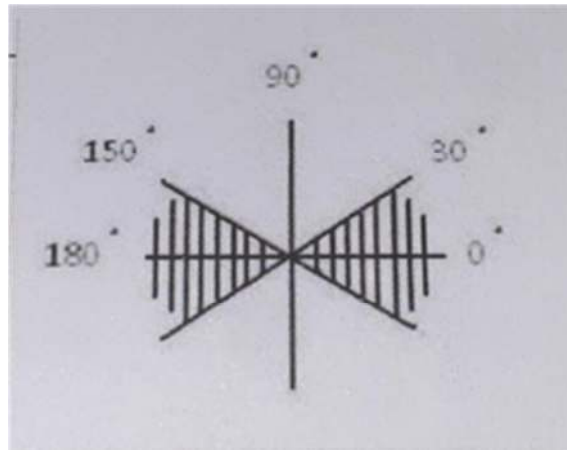


Figure 17: Extériorisation des axes d'un astigmatisme inverse. [7]

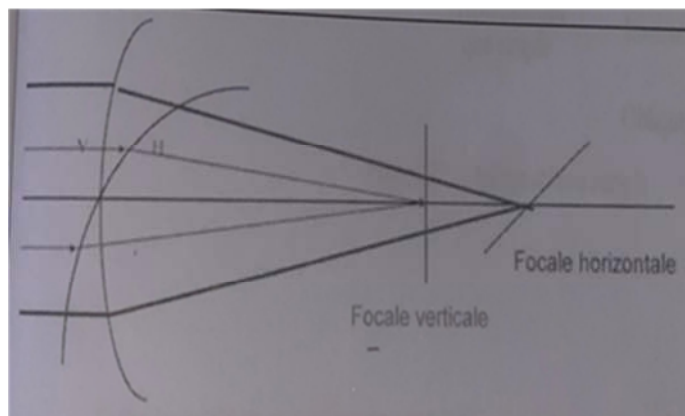


Figure 18: Marche des rayons lumineux d'un astigmatisme inverse. [7]

II.4.2.2.3 Astigmatisme oblique [6]

Il est moins fréquent, les méridiens principaux situés entrent (30°/60°) et 120°/150°).

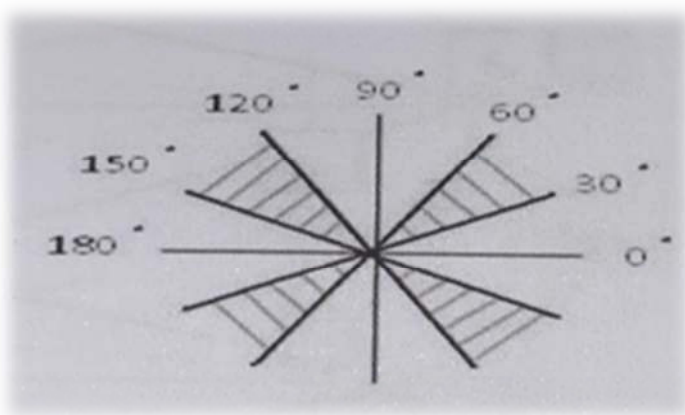


Figure 19 : Exteriorisation des axes d'un astigmatisme oblique. [7]

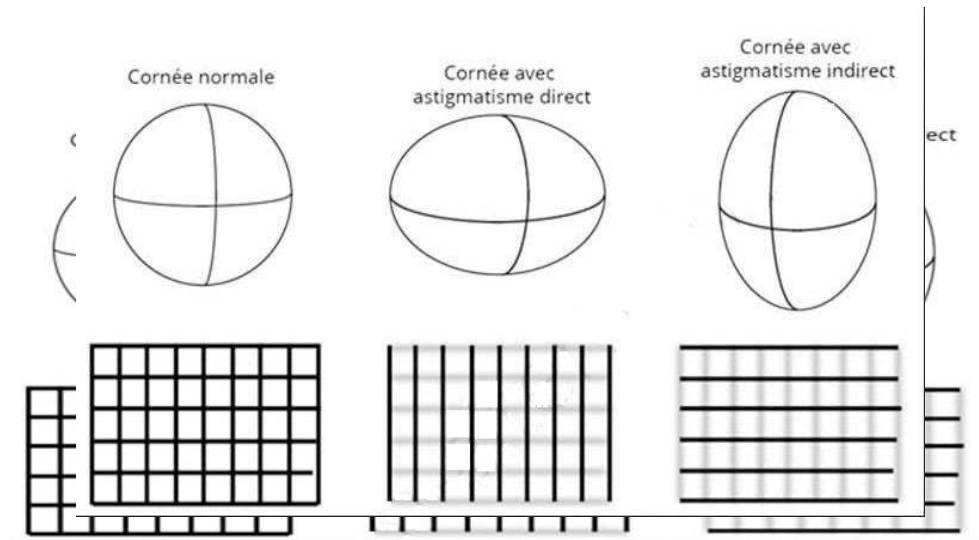


Figure 20: Différence entre cornée parfaitement sphérique et cornée astigmatique (direct et inverse).
[8]

L'astigmatisme régulier peut être simple ou combiné à toutes les autres amétropies:

II.4.2.2.4 Astigmatisme simple [10]

L'astigmatisme simple est un type d'astigmatisme dont l'un des deux méridiens qui se projette sur la rétine.

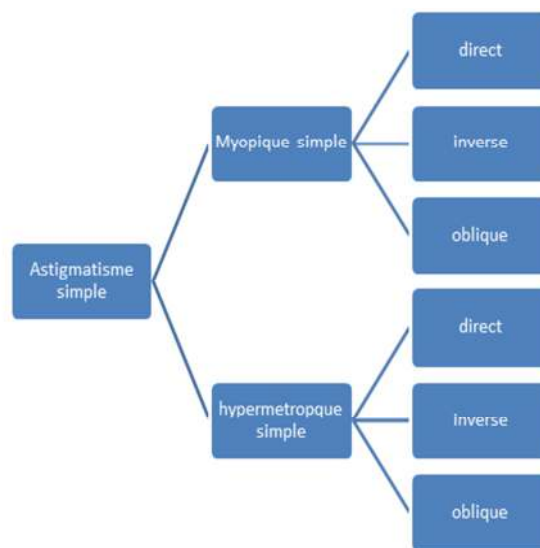


Figure 21: Astigmatisme simple.[10]

- Si l'autre méridien se projette devant la rétine, c'est un astigmatisme myopique simple qui peut être direct, oblique ou inverse.
- Si l'autre méridien se projette derrière la rétine, c'est l'astigmatisme hypermétropique simple qui peut être direct, oblique ou inverse.

II.4.2.2.5 Astigmatisme composé [10]

L'astigmatisme composé est un type d'astigmatisme où les deux méridiens sont situés du même côté de la rétine et on aura :

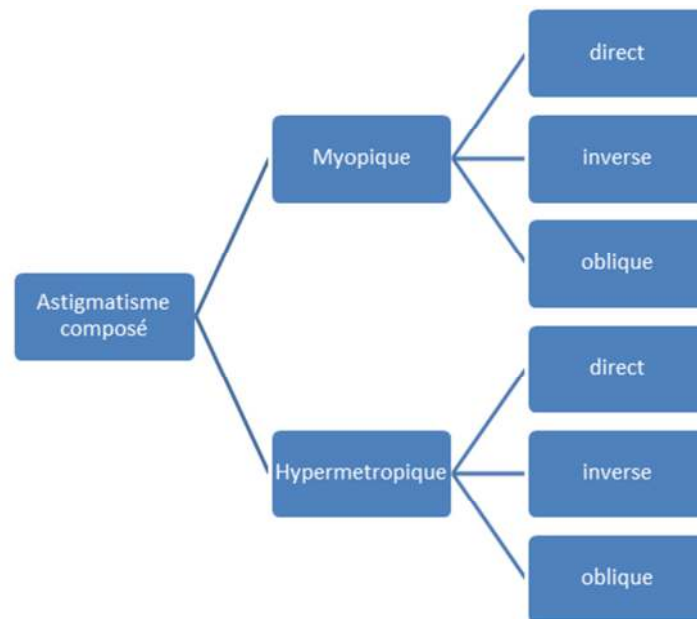


Figure 22: Astigmatisme composé. [10]

- Si les deux méridiens sont situés en avant de la rétine, il s'agit d'un astigmatisme composé myopique, il peut être direct, oblique ou inverse.
- Si les deux méridiens sont situés en arrière de la rétine il s'agit d'un astigmatisme composé hypermétrope, il peut être direct, inverse ou oblique.

II.4.2.2.6 Astigmatisme mixte [10]

L'**astigmatisme mixte** est un type d'astigmatisme où un méridien de l'œil est myope (focalisation devant la rétine) et l'autre est hypermétrope (focalisation derrière la rétine).

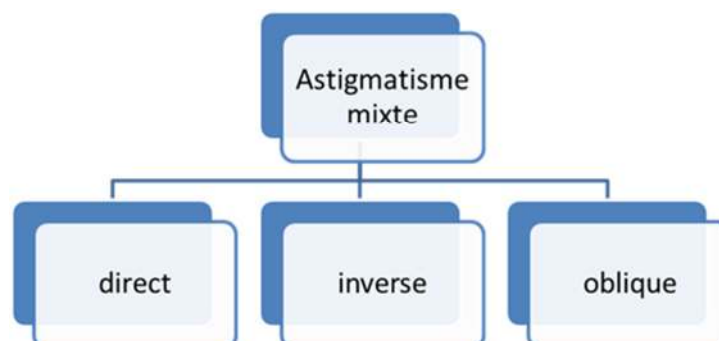


Figure 23: Astigmatisme mixte. [10]

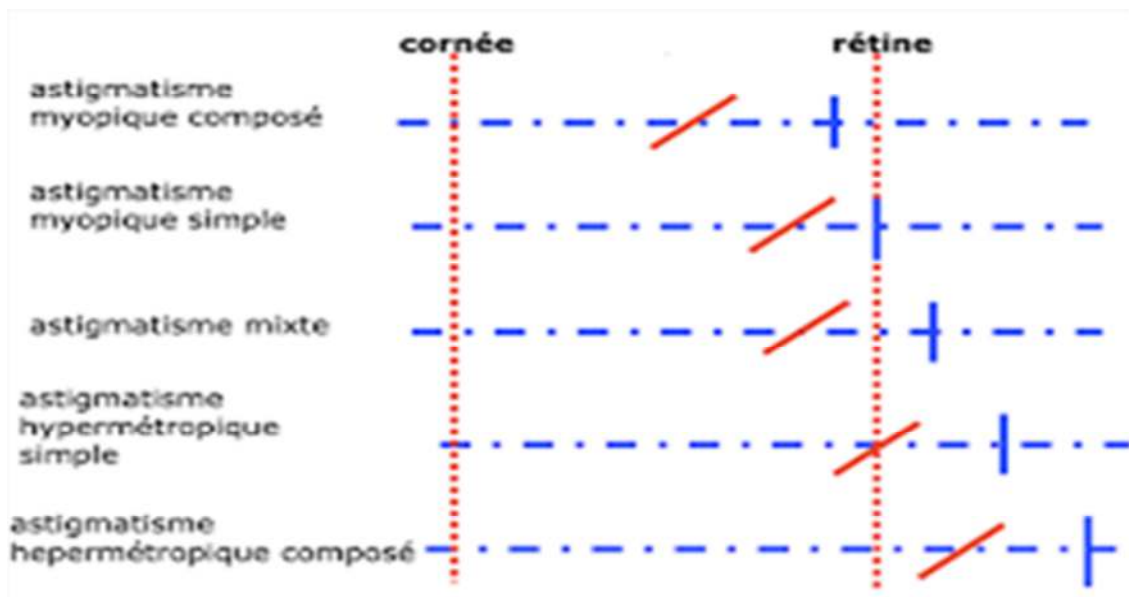


Figure 24: Schéma des différents types d'astigmatisme et leur impact sur la focalisation des rayons lumineux. [11]

II.4.2.3 Evaluation de l'astigmatisme régulier

L'évaluation précise de l'astigmatisme régulier repose sur deux approches principales : La mesure géométrique et la mesure optique. [11]

II.4.2.3.1 Mesure géométrique [11]

La différence importante des indices de réfraction entre l'air et la cornée permet au dioptre cornéen antérieur de jouer un rôle majeur dans la puissance réfractive de l'œil et dans la genèse de l'astigmatisme. L'objectif de l'analyse géométrique est de quantifier les variations de la courbure cornéenne et leur influence sur la réfraction de la lumière, cette évaluation peut être réalisée à l'aide de différents outils et méthodes :

- **Topographie cornéenne** : elle fournit une cartographie détaillée de la surface cornéenne et détermine les méridiens principaux.
- **Kératométrie** : la Kératométrie analyse quatre points para centraux de la surface antérieure de la cornée, selon une conception spherocylindrique.
- **Tomographie cornéenne (OCT, Pentacam)** : elle permet d'obtenir des images en coupe de la cornée, offrant une analyse tridimensionnelle de sa structure.

Les résultats de ces examens aident à établir la régularité et l'intensité de l'astigmatisme, simplifiant ainsi le choix d'une correction adaptée.

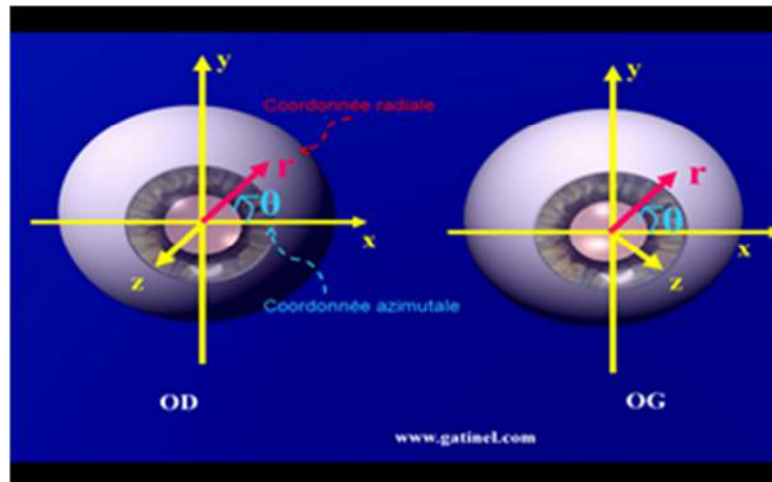


Figure 25: Géométrie de la cornée. [12]

II.4.2.3.2 La mesure optique [11]

La mesure optique de l'astigmatisme consiste à additionner des verres de puissance connue de façon à compenser l'astigmatisme. On recourt principalement aux techniques suivantes :

- **Réfraction objective et subjective** : la skiascopie et l'auto réfractométrie permettent d'évaluer automatiquement la puissance et l'axe du cylindre correcteur requis.
- **Abérométrie** : cette technique mesure les aberrations optiques induites par l'astigmatisme, en particulier celles de bas degré qui influencent la netteté de l'image.

La mesure optique de l'astigmatisme nécessite l'interposition d'un verre de géométrie torique devant l'œil, l'idéal serait de disposer un verre dont les deux rayons de courbure principaux seraient adéquats, pour permettre la focalisation des images des deux méridiens principaux sur la rétine.

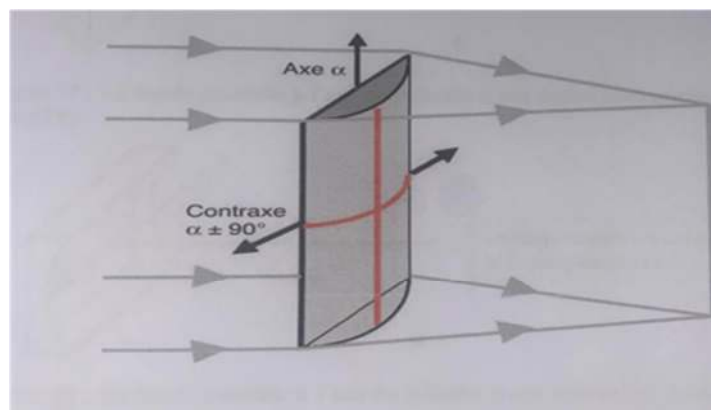


Figure 26: Description d'un verre cylindrique. [13]

II.4.2.4 Interprétation et correction [11]

Après l'évaluation de l'astigmatisme régulier par des mesures optiques et géométriques, diverses solutions correctives peuvent être envisagées :

- **Lunettes avec des verres toriques** : elles compensent la différence de courbure de la cornée et améliorent la focalisation.
- **Lentilles de contact toriques** : elles proposent une correction plus exacte et constante pour les astigmatismes de degré modéré à élever.
- **Chirurgie réfractive (LASIK, PKR, SMILE)** : elle modifie la courbure cornéenne pour corriger durablement l'astigmatisme.

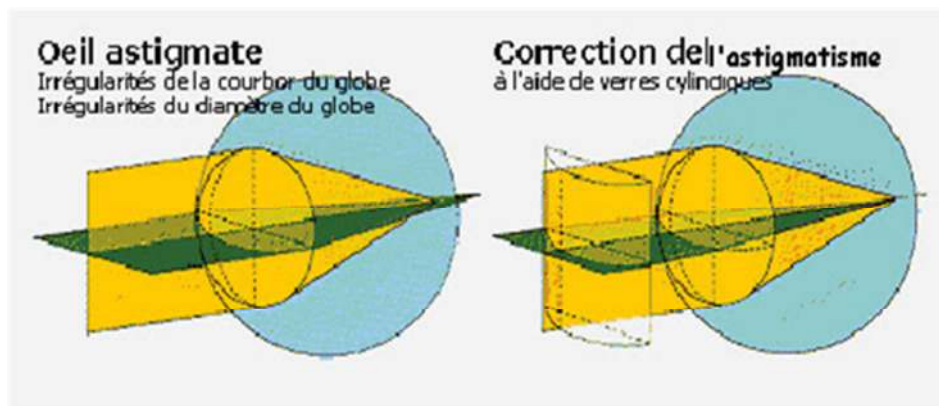


Figure 27: Correction d'astigmatisme avec des verres cylindriques. [13]

VI.16 Calcul d'astigmatisme induit [25]

L'AIC est calculé uniquement à partir des données kératométriques de la cornée. Nous avons opté pour l'application du calcul vectoriel, une technique qui transforme les valeurs d'astigmatisme avant et après opération (cylindre et axe) en coordonnées cartésiennes. Ainsi, chaque valeur d'astigmatisme est illustrée par un vecteur caractérisé par les composantes (x, y), conformément aux formules ci-après.

$$x = (\text{valeur du cylindre}) \times \cos (2 \times \text{axe}) \cdot$$

$$y = (\text{valeur du cylindre}) \times \sin (2 \times \text{axe})$$

On obtient alors l'astigmatisme induit chirurgicalement en déterminant la différence entre les composantes x et y des vecteurs post-opératoires et préopératoires.

II.5 Conclusion

Bien que l'astigmatisme soit une déformation réfractive courante, les progrès technologiques permettent désormais un diagnostic et une correction précis. L'examen géométrique de la cornée et les évaluations optiques permettent d'approfondir la connaissance de la nature et des conséquences de cette affection oculaire. Les experts en santé visuelle peuvent offrir des solutions sur mesure, depuis des lunettes correctrices basiques jusqu'à des interventions chirurgicales complexes. Le traitement d'astigmatisme régulier s'inscrit ainsi dans une démarche globale visant à restaurer une vision nette, stable et confortable, essentielle à la qualité de vie des patients

Chapitre III: *La cataracte*

III.1 Introduction

La cataracte est une opacification partielle ou totale du cristallin, représentant la principale cause de cécité à l'échelle mondiale. Dans les pays développés, près de 50 % des personnes de plus de 60 ans présentent une certaine opacification du cristallin. Elle peut également survenir plus précocement, dès l'âge de 40 ans, on parle alors de la cataracte présénile. Cette affection, présente partout dans le monde, touche un nombre ne croissant de personnes chaque année. En effet, l'augmentation de l'espérance de vie, due aux progrès médicaux et scientifiques, entraîne un vieillissement de la population et donc une hausse des cas diagnostiqués. Il existe plusieurs types et causes de cataractes, mais la forme la plus fréquente est la cataracte liée à l'âge, appelée cataracte sénile. Celle-ci est provoquée par des modifications chimiques du cristallin dues au vieillissement. À ce jour, la chirurgie reste le seul traitement efficace.

III.2 La cataracte [15]

La cataracte se définit généralement comme une perte partielle ou totale de la transparence du cristallin. Sur le plan fonctionnel, elle entraîne divers troubles visuels pouvant être associés de manière variable, telles qu'une diminution progressive de l'acuité visuelle, une impression de brouillard, une myopisation, une diplopie ou polyopie monoculaire, ainsi qu'une sensibilité accrue à l'éblouissement, notamment en situation de contre-jour.

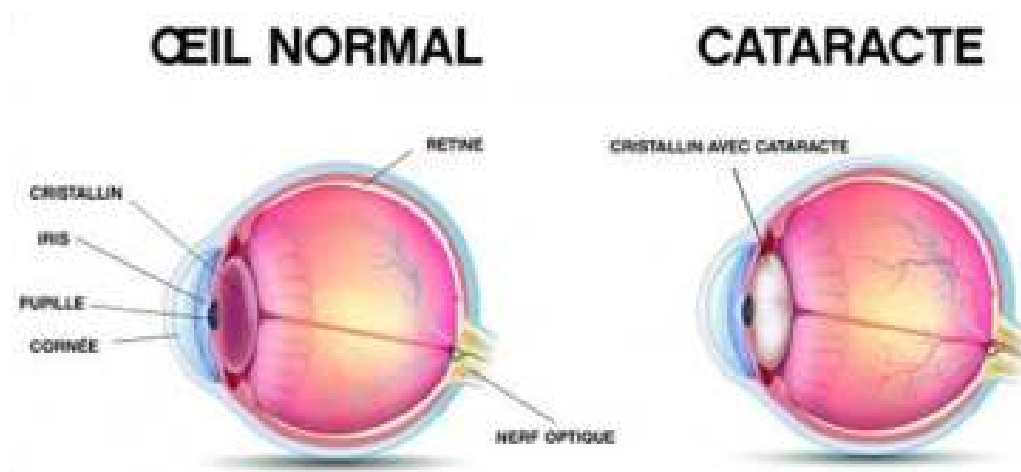


Figure 1: La différence entre un œil normal et un œil avec cataracte [15]

III.2.1 Les formes cliniques de la cataracte [16]

L'examen à la lampe à fente permet à lui seul, d'identifier la forme clinique de la cataracte et d'estimer la complexité de l'intervention chirurgicale. En fonction de la localisation de l'opacification, la cataracte peut être classée par causes ou par atteinte anatomique.

III.2.1.1 La cataracte par causes

On peut citer les différentes cataractes comme :

- **La cataracte sénile**

La cataracte sénile est la forme la plus courante et survient principalement chez les personnes âgées. Le vieillissement naturel entraîne le durcissement et l'opacification du cristallin. Cette cataracte touche généralement un œil plus que l'autre.

- **La cataracte diabétique :**

Cette forme de cataracte peut se développer à la suite d'un déséquilibre glycémique important, généralement en lien avec un diabète mal contrôlé.

- **La cataracte cortico-induite :**

Elle est causée par une prise prolongée de corticoïdes (cortisone), un médicament couramment utilisé pour traiter diverses affections inflammatoires.

- **La cataracte traumatique :**

Elle peut se manifester peu de temps après un traumatisme oculaire ou plusieurs années après celui-ci. Elle touche souvent un seul œil, généralement celui ayant subi le traumatisme. Elle est plus fréquente chez les jeunes, bien que le traumatisme initial soit parfois oublié lorsque la cataracte se développe bien des années plus tard.

- **La cataracte congénitale :**

Présente dès la naissance ou se développant durant les premiers mois de vie, cette forme de cataracte est parfois liée à des maladies génétiques ou à des infections de la mère pendant la grossesse, telles que la rubéole ou la toxoplasmose.

- **La cataracte juvénile :**

Elle apparaît durant l'enfance ou l'adolescence et est souvent bilatérale et d'origine héréditaire. Ces cataractes sont fréquemment associées à des troubles métaboliques. Un dépistage des frères et sœurs ainsi qu'un bilan général à la recherche d'une maladie systémique sont recommandés.

- **La cataracte médicamenteuse :**

Certains médicaments, notamment les corticoïdes, peuvent provoquer l'apparition de cataractes en interagissant avec le cristallin.

- **La cataracte post-vitrectomie**

Les interventions chirurgicales de la rétine, bien qu'essentiels pour sauver l'œil ou prévenir des lésions irréversibles, accélèrent parfois le développement d'une cataracte.

- **La cataracte inflammatoire**

Les inflammations intraoculaires, comme les uvéites, sont des causes courantes de cataracte. Les uvéites peuvent être déclenchées par des facteurs génétiques, des maladies auto-immunes, des infections systémiques, ou être idiopathiques (sans cause identifiable).

III.2.1.1 Classification par atteintes anatomiques de la cataracte

De même que précédemment, on peut citer les types suivants

- **La cataracte nucléaire**

La cataracte nucléaire se caractérise par une opacification du noyau, c'est-à-dire du centre du cristallin. Elle évolue généralement de manière lente et affecte principalement la vision de loin, moins de celle de près. C'est la forme la plus fréquente de la cataracte, souvent liée au vieillissement.

- **La cataracte cortico-nucléaire**

Cette forme de cataracte implique une opacification à la fois du noyau et du cortex du cristallin. Elle survient fréquemment après 65 ans et entraîne un voile visuel, une diminution de l'acuité visuelle, ainsi qu'une myopisation progressive. Parfois, elle peut être accompagnée de diplopie monoculaire.

- **La cataracte sous capsulaire postérieure**

Elle touche la couche externe du cristallin, la capsule postérieure. La cataracte sous capsulaire postérieure progresse généralement plus rapidement que les autres formes et est souvent associée à une forte sensibilité à l'éblouissement.

- **La cataracte sous capsulaire antérieure**

Elle se caractérise par des opacités situées juste sous la capsule antérieure du cristallin. Elle est plus fréquemment observée chez les patients diabétiques.

- **La cataracte blanche**

Dans cette forme, l'opacification du cristallin est totale, entraînant une perte complète de la transparence du cristallin.

III.2.2 Causes de la cataracte [16, 17]

La cataracte est principalement causée par une altération chimique du cristallin, le plus souvent liée au vieillissement. Avec l'âge, le cristallin a tendance à se durcir et à devenir opaque, ce qui conduit à la cataracte sénile, la forme la plus fréquente, généralement observée à partir de 60 ans. D'autres facteurs peuvent toutefois entraîner une cataracte plus précoce. Des causes héréditaires ou des malformations présentées dès la naissance, peuvent être en jeu. Certaines maladies générales, comme le diabète ou des troubles du métabolisme (notamment du calcium), sont également impliquées.

L'usage prolongé de corticoïdes, le tabagisme important, les traumatismes oculaires (blessures ou chocs), ainsi qu'une exposition répétée et non protégée aux rayons UV, constituent d'autres facteurs de risque bien connus.

Enfin, une myopie forte, appelée myopie axiale, peut aussi favoriser l'apparition prématurée de la cataracte, parfois dès la cinquantaine.

III.2.3 Symptômes de la cataracte [18]

Parmi les symptômes fréquents, on retrouve :

- Une diminution progressive de la vision de loin et de près, avec une impression de flou ou de brouillard (typique des cataractes liées à l'âge) ;
- Parfois, l'apparition de petites taches ou de points dans le champ visuel ;
- Une baisse de la perception des contrastes ;
- Des difficultés à percevoir les reliefs ;
- Une altération de la perception des couleurs, avec un jaunissement des teintes ou une confusion entre certaines couleurs comme le bleu foncé, le noir ou le violet ;
- Une sensibilité accrue à la lumière et un éblouissement, surtout en cas de lumière vive, ce qui rend par exemple la conduite de nuit plus difficile.

Chez les personnes portant des lunettes, une perte d'efficacité de la correction peut également être ressentie.

Dans certains cas plus rares, la personne peut percevoir un halo lumineux autour des sources de lumière intense, comme les phares de voiture ou les lampadaires.

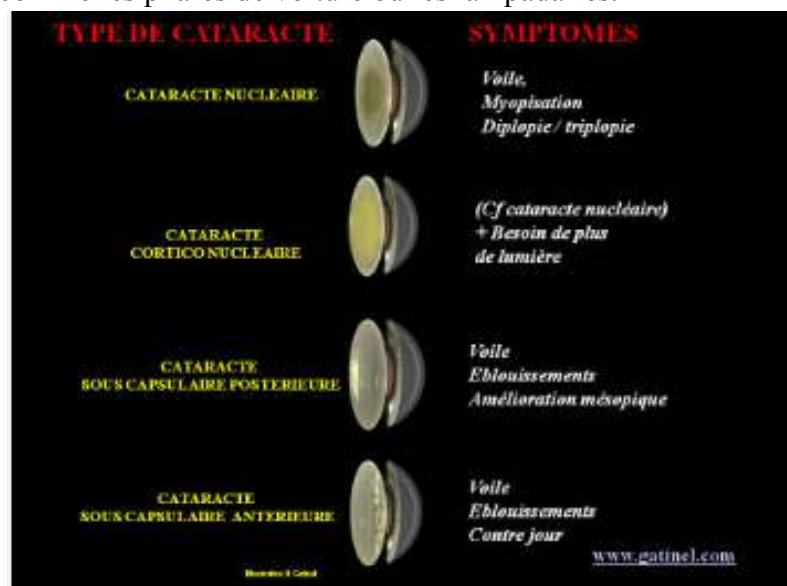


Figure 29 : Les formes cliniques de la cataracte et ses symptômes

III.2.4 Diagnostic et préparation préopératoire [19]

• III.2.4.1 Diagnostic

Seul un examen réalisé par un ophtalmologiste peut confirmer la présence d'une cataracte et écarter d'autres maladies oculaires comme la DMLA (dégénérescence maculaire liée à l'âge) ou le glaucome. L'évaluation commence par un entretien médical au cours duquel le spécialiste recueille des informations importantes, tels que l'âge du patient, les antécédents familiaux, et les éventuels symptômes ressentis.

L'ophtalmologiste effectue ensuite un test de la vision, évaluant l'acuité visuelle de loin et de près. Toutefois, le diagnostic définitif de la cataracte repose sur l'examen à la lampe à fente, effectué après dilatation de la pupille. Cette dernière permet de projeter une lumière dans l'œil, rendant visible l'opacification du cristallin, signe caractéristique de la cataracte.

Un examen du fond d'œil est également réalisé afin de vérifier l'état de la rétine et du nerf optique.

• III.2.4.2 Préalables à la chirurgie

Leurs principaux objectifs sont :

- Préciser l'indication chirurgicale pour la cataracte et éliminer les contre-indications relatives à la chirurgie (par exemple, les infections des annexes).
- Évaluer la longueur axiale de l'œil et effectuer la kératométrie (estimation du rayon de courbure de la cornée) afin de faciliter le calcul de la force de l'implant intraoculaire.
- Évaluer le bénéfice potentiel d'une intervention.

III.3 La kératométrie [20, 21, 22]

La kératométrie est une technique optique employée pour déterminer le rayon de courbure de la cornée, surtout en fonction de ses deux méridiens principaux. Cette action sert à identifier l'astigmatisme antérieur de la cornée. Il existe deux principales catégories d'instruments pour réaliser cette mesure : les kératomètres manuels et automatiques.

III.3.1 Kératométrie manuels [20, 21, 22]

Les kératomètres traditionnels, comme ceux de Javal, Helmholtz ou Sutcliffe, opèrent en diffusant deux cibles lumineuses sur le centre de la cornée, habituellement à une distance approximative de 3 mm. L'espace apparent entre ces cibles fluctue selon la courbure de la cornée : plus la surface cornéenne est proéminente, plus cette distance observée est vaste. En tournant les cibles de 90°, on génère une autre série de mesures qui permet d'examiner les deux méridiens majeurs. Ainsi, ce genre de kératomètre offre quatre points de mesure pertinents pour l'évaluation de l'astigmatisme cornéen.



Figure 2: Le Javal [20]

III.3.2 Kératomètres automatiques [20, 21, 22]

Les Kératomètres automatiques reposent sur les mêmes principes de base, mais facilitent la mesure du rayon de courbure cornéenne antérieure sur une zone centrale d'environ 3 mm de diamètre (cette valeur peut varier en fonction des appareils). Ces appareils suppriment la nécessité d'une surveillance directe par l'opérateur et peuvent parfois augmenter la reproductibilité des mesures. Cependant, l'absence d'une évaluation directe de la fixation et de la qualité de l'image peut diminuer la précision dans certains scénarios (Oshika et al., 1998).



Figure 3: Kératomètre automatique [22]

Son Principe de fonctionnement est basé sur l'évaluation de la dimension de l'image produite par la surface de réfraction sphérique, à travers l'optique de l'appareil ; cette épreuve se base sur le fait que la surface frontale de la cornée fonctionne comme un miroir convexe, d'où une modification de la taille de l'image réfléchie créée, en fonction de sa courbure. Effectivement, plus la courbure de la cornée est importante, plus l'image est réduite. Ainsi, il est possible de déterminer le rayon de courbure en évaluant la dimension de l'image réfléchie

III.4 Choix de l'implant [23]

La chirurgie de la cataracte ne vise pas uniquement à remplacer le cristallin trouble ; elle offre aussi la possibilité de rectifier de divers problèmes de vue. Effectivement, en fonction de l'implant intraoculaire sélectionné, on peut rectifier la myopie, l'hypermétropie, l'astigmatisme et même pallier à la presbytie.

La sélection de l'implant (mono-focal, torique, multifocal ou à profondeur de champ étendue) est déterminée en fonction des exigences visuelles du patient et de son style de vie. Cette adaptation a pour but d'assurer la meilleure qualité d'image lors des tâches quotidiennes — comme lire, conduire ou travailler sur ordinateur — et de diminuer, voire supprimer, la nécessité de porter des lunettes après l'opération.

Je suis (je vois) Je veux voir (colonne)	Myope (de près)	Hypermétrope (de loin)
De près	Monofocal	Multifocal
De loin	Monofocal	Monofocal
Sans lunettes	Monofocal	Multifocal

Figure 4: Choix de l'implant [23]

La puissance d'un implant intraoculaire est définie par deux facteurs primordiaux :

- ✚ Les informations morphologiques de l'œil, recueillies grâce à la biométrie oculaire,
- ✚ Le résultat réfractif désiré, ou la correction visuelle ciblée suite à l'intervention chirurgicale. Ces données sont collectées lors de la consultation pré chirurgicale, un moment crucial qui permet de choisir l'implant en fonction de l'anatomie de l'œil et des exigences visuelles du patient.

III.5 Traitement [19]

À ce jour, aucun traitement à base de médicaments ne permet de soigner la cataracte. La seule solution efficace reste la chirurgie.

L'intervention consiste à retirer le cristallin opacifié pour restaurer la transparence de l'axe visuel, puis à le remplacer par un implant intraoculaire, c'est-à-dire un cristallin artificiel.

Réalisée sous anesthésie locale ou topique, l'opération est rapide, indolore, et dure environ dix minutes (dans la technique de phacoémultification). Dans la grande majorité des cas, elle se pratique en ambulatoire, sans hospitalisation, sauf situations particulières comme chez les enfants ou en cas de complications.

III.6 L'évolution des techniques de la chirurgie de la cataracte [24]

III.6.1 L'abaissement du cristallin (en 800 A. J)

C'est Sushruta qui a initié la pratique chirurgicale de la cataracte en Inde. Une aiguille a été insérée à travers la sclère ou la cornée, afin de déloger la lentille blanche vers le bas ou dans la cavité vitrée. Par la suite, les patients ont pu observer des formes et des figures. Toutefois, le taux de complication était clairement important.

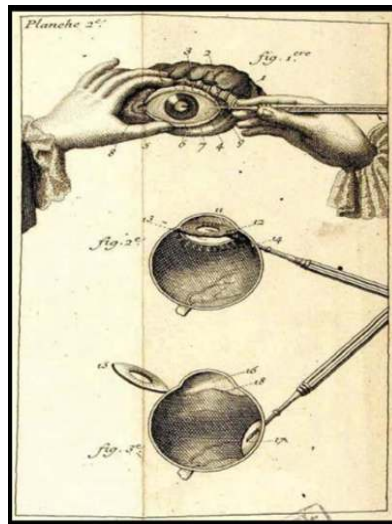


Figure 5: Technique de l'abaissement du cristallin [24]

- En haut : une aiguille est insérée à travers la sclère, traversant l'espace entre le cristallin et l'iris jusqu'à ce qu'elle soit perceptible dans la zone de la pupille.
- Au centre : représentation en section de l'œil illustrant la position de l'aiguille et son parcours intraoculaire entre le cristallin et l'iris.
- En dessous : illustration en section de l'œil démontrant l'aiguille et l'effet du mouvement d'abaissement du cristallin à travers le corps vitré.

III.6.2 L'extraction de la cataracte extra capsulaire (par Jacques Daviel en 1696-1762 et Albrecht Von Graefe en 1828-1870)

L'évolution de la chirurgie de la cataracte s'est orientée vers l'extraction, au lieu de se contenter du simple délogement de la cataracte. L'intervention a été effectuée en toute sûreté suite à la liquéfaction du cortex, ce qui a repoussé l'opération jusqu'à ce que la cataracte soit considérée comme « mûre ». Cette méthode n'a pas trouvé une large adhésion, du fait des risques considérables liés à l'endophtalmie, à l'extraction incomplète du cortex, à l'inflammation persistante, à l'opacification de la capsule et au glaucome à angle fermé.

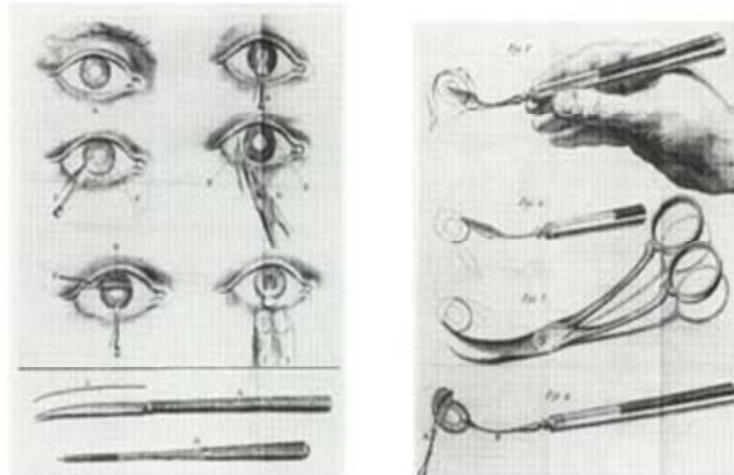


Figure 6: La méthode d'extraction de Daviel

III.6.3 L'extraction de la cataracte intracapsulaire (en 1961)

Devant les contraintes de la méthode extra-capsulaire, une nouvelle stratégie a été développée : l'extraction intracapsulaire, qui implique le retrait total du cristallin et de sa capsule. Les conclusions divulguées à cette période indiquaient qu'environ 85 % des patients obtiennent une acuité visuelle corrigée de 6/10 ou supérieure. Toutefois, environ 5 % des patients ont perdu la vue en raison de complications post-chirurgicales. En outre, cette méthode induisait une aphakie chez les patients, les obligeant à porter des lunettes épaisses qui causaient des distorsions et de l'inconfort.

III.6.4 L'extraction de la cataracte extra capsulaire (1980 - 1990)

L'extraction extra-capsulaire a vu une renaissance dans les années 1980 grâce aux avancées technologiques. En préservant la capsule postérieure du cristallin, on diminuait considérablement le danger de perte vitrée et d'autres complications sévères. L'avènement du microscope chirurgical a conduit à une précision accrue en chirurgie, et les méthodes d'aspiration des restes corticaux ont grandement progressé, rendant ainsi l'intervention plus sécurisée et plus performante.

III.6.5 L'extraction de la cataracte par Phacoémulsification sans suture (actuellement utilisée)

III.6.5.1 La phacoémulsification

Actuellement, la phacoémulsification est considérée comme la technique standard d'extraction extra capsulaire dans les pays développés. Elle s'appuie sur l'usage d'une sonde vibrante à ultrasons, associée à un dispositif d'irrigation-aspiration, ce qui facilite la fragmentation et l'élimination du cristallin devenu opaque. Cette méthode, à la fois rapide et reproductible, s'effectue habituellement sous anesthésie locale ou topique. Effectivement, la phacoémulsification nécessite uniquement de minimes incisions, diminuant ainsi les probabilités de complications, accélérant le rétablissement visuel et augmentant sensiblement le bien-être postopératoire du patient.



Figure 7: L'écran de contrôle du phacoémulsificateur.

L'inconvénient de la phacoémulsification c'est que le coût de la machine est élevé ainsi que sa maintenance et l'instrumentation, ce qui en limite l'emploi aux pays industrialisés.

Cette technique passe par 5 étapes importantes

a) L'incision [25, 26, 27, 28]

L'intervention chirurgicale intracapsulaire de la cataracte, qui était principalement en vogue au début du XXe siècle, exigeait des découpes d'environ 12,0 mm pour retirer complètement le cristallin. L'introduction de la chirurgie extra capsulaire a contribué à diminuer cette dimension à environ 10,0 à 10,5 mm, tout en préservant la capsule postérieure.

L'introduction de la phacoémulsification, mise au point par Charles Kelman en 1967, a constitué un changement significatif en rendant possible l'extraction du cristallin fragmenté à travers une incision de 3 à 5 mm. Finalement, la diffusion massive des lentilles intraoculaires pliantes et des procédés de micro-incision (MICS) a contribué à réduire encore plus la dimension de l'incision, qui peut atteindre 2,2 mm ou 1,8 mm, voire moins

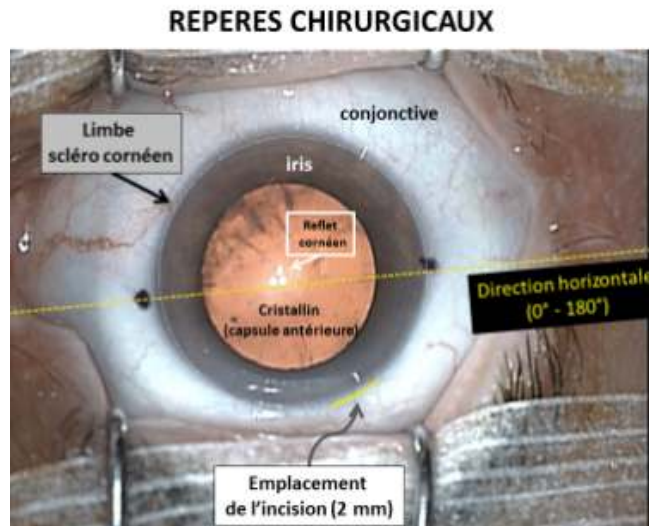


Figure 8: Les repères chirurgicaux.

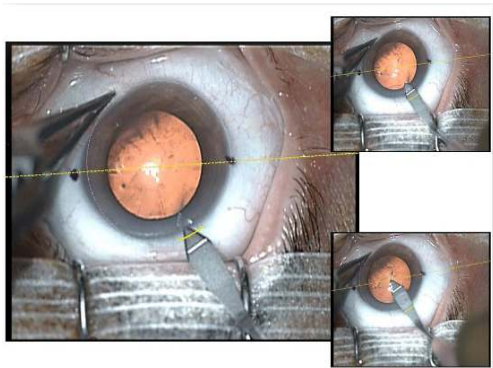


Figure 9: Incision principale.

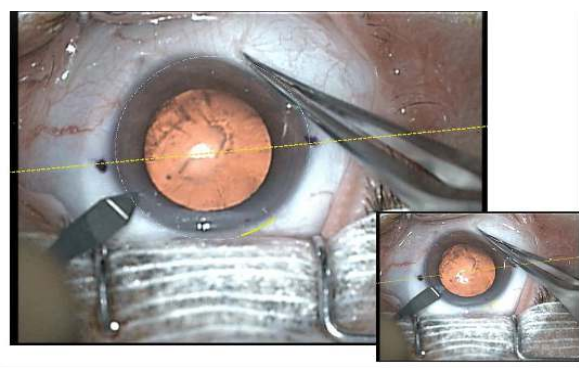


Figure 10: Incision latérale

- **Les caractéristiques de l'incision et l'astigmatisme induit [29, 30, 32, 33, 34]**

L'incision principale réalisée lors de la chirurgie de la cataracte, a pour effet d'aplatir la courbure de la cornée sur le méridien correspondant, induisant ainsi un astigmatisme postopératoire. La réduction de la taille de cette incision permet de limiter cet effet, expliquant l'intérêt croissant pour les techniques de micro-incision. Des recherches ont démontré qu'une incision de **2 mm** provoque en moyenne un astigmatisme compris entre 0,1 et 0,4 dioptries (D)

Cependant, l'astigmatisme cornéen induit, dépend de plusieurs facteurs :

- **La largeur de l'incision** : Plus l'incision est large, plus l'astigmatisme est prononcé.
- **L'axe de l'incision** : L'orientation de l'incision par rapport aux méridiens cornéens joue un rôle significatif sur la courbure.
- **La distance par rapport au limbe** : Les incisions plus proches du centre de la cornée génèrent davantage d'astigmatisme.
- **Le méridien concerné** : Le choix du méridien pour réaliser l'incision, influence également la modification de la courbure.
- **La forme de l'incision, la distension et les traumatismes post-opératoires** : Ces éléments sont déterminants pour la stabilisation de la courbure cornéenne après chirurgie.
- **Les propriétés biomécaniques de la cornée** : Chaque cornée réagit différemment en fonction de ses caractéristiques biomécaniques.

b) Injection de produit viscoélastique [25, 26, 27, 28]

L'injection de la viscoélastique chasse l'humeur aqueuse qui s'échappe par l'incision, permettant ainsi un remplissage intégral avec la substance viscoélastique.

c) Capsulorhexis [25, 26, 27, 28]

Lors de l'intervention chirurgicale de la cataracte, le capsulorhexis est réalisé par le praticien pour retirer la matière cristalline antérieure à l'aide d'une pince spécifique au capsulorhexis. On utilise une sonde portable pour diffuser l'énergie ultrasonore à travers une pointe. La pointe vibrante assiste le chirurgien dans son intervention sur la masse du cristallin. Les ophtalmologistes pratiquent fréquemment la capsulotomie circulaire continue (CCC) lors de cette procédure, car elle leur offre l'opportunité d'obtenir un sac capsulaire idéal qui facilite l'insertion de la LIO

d) Phacosculture [25, 26, 27, 28]

L'émulsification de la lentille se fait à l'aide d'ultrasons. Le cristallin est également éliminé à l'aide de cet instrument, après un fractionnement effectué par aspiration. Pour extraire la lentille, cette dernière est fractionnée en plusieurs quadrants, généralement quatre. Chaque quadrant est aspiré séparément. Après cela, le bord nucléaire et la plaque postérieure sont aspirés avec une sonde d'irrigation ou d'aspiration et fracturés avec une pression latérale. Une sonde et une spatule sont utilisées pour réaliser la phacosculture. A la fin de cette étape, une émulsification de chaque section carrée est effectuée.

e) L'implantation [25, 26, 27, 28]

Après une phacoémulsification, la capsule postérieure demeure intacte. Cela contribue à appuyer la LIO qui prend la place de la lentille devenue opaque. Les lentilles en acrylique représentent la catégorie de lentilles intraoculaires la plus couramment employée. C'est principalement grâce à leur indice de réfraction adéquat.

III.7 Conclusion

En résumé, la cataracte continue d'être une cause majeure de perte de vision, cependant, les progrès en matière de chirurgie, en particulier la phacoémulsification, ont considérablement optimisé les résultats pour les patients. Les méthodes actuelles diminuent les complications après l'intervention chirurgicale et favorisent une récupération visuelle très rapide. La sélection appropriée de l'implant intraoculaire, basée sur l'anatomie et les exigences visuelles du patient, est indispensable pour obtenir un résultat optimal. Les avancées actuelles, permettent aujourd'hui une chirurgie de la cataracte qui propose une solution à la fois efficace et sûre. Néanmoins, l'accompagnement sur mesure est essentiel pour chaque patient.

Chapitre IV:
Investigation de
l'astigmatisme résiduel
après chirurgie de la
cataracte.

IV.1 Introduction

La cataracte constitue l'une des principales causes de diminution de la vision liée à l'âge. Elle peut toutefois être traitée efficacement par une intervention chirurgicale consistant en l'extraction du cristallin opacifié, suivie de son remplacement par un implant intraoculaire. Bien que cette procédure soit généralement sûre et bien maîtrisée, elle peut entraîner certaines complications optiques, notamment un astigmatisme cornéen induit. Ce dernier résulte d'une modification de la courbure de la cornée consécutive à l'acte opératoire, pouvant altérer la qualité de l'acuité visuelle.

Dans ce contexte, la question centrale de ce mémoire est la suivante : Dans quelle mesure la chirurgie de la cataracte induit-elle un astigmatisme post-opératoire, et quelles sont les méthodes les plus efficaces pour le prévenir ?

L'objectif principal de notre étude est d'analyser le taux d'astigmatisme cornéen induit par la chirurgie de la cataracte, ainsi que les facteurs qui y contribuent, dans le but d'assurer une correction visuelle optimale pour les patients, qu'ils soient pris en charge dans le secteur privé ou public. Nous visons également à sensibiliser les autorités sanitaires à partir de données statistiques fiables, issues d'études prospectives et rétrospectives, afin de les inciter à doter les structures de santé, notamment celles situées dans les zones isolées, des équipements médicaux nécessaires à une prise en charge de qualité.

IV.2. Méthodes

Dans le cadre de notre étude, nous avons collecté les données cliniques de 30 patients (30 yeux) ayant subi une chirurgie de la cataracte, les patients du premier groupe de (9 patients) ont bénéficié d'une chirurgie de la cataracte dans un établissement hospitalier étatique (service d'ophtalmologie à l'hôpital de SAIDA) tandis que les patients du deuxième groupe (15 patients) ont été opérés dans une clinique privée (clinique EL OMARAA à MASCARA). et les patients du troisième groupe (6 patients) ont été opérés dans un établissement hospitalier étatique (service d'ophtalmologie à l'hôpital de Ain Safra).

Les 24 patients traités en phacoémulsification et les 6 patients traités en extraction extra capsulaire.

Nous avons réalisé les mesures de l'astigmatisme cornéen avant et après l'intervention chirurgicale de la cataracte chez les patients du premier et deuxième groupe (étude prospective), tandis que les dossiers médicaux du troisième groupe nous ont été transmis afin d'en effectuer l'analyse (étude rétrospective).

IV.2.1 Les critères d'inclusion ET d'exclusion

a) Critères d'inclusion

- Patients âgés.

- Des patients ayant subi une chirurgie de la cataracte sur une cornée claire.
- Patients inclus sans distinction de sexe.

b) critères d'exclusion

- Patients présentant un glaucome.
- Présences de pathologie des segments postérieurs.
- Anomalies cornéennes, telles que dystrophies ou autres affections.
- Des maladies systémiques.

IV.2.2. Méthodologie de suivi optométrique

Matériel utilisé

- Tableau d'acuité visuel (de Snellen).
 - La lampe à fente
 - L'autokératoréfractomètre.
 - La boîte d'essai.
 - Appareil pour calculer l'implant (éco A).
- ✓ L'étude a débuté par une anamnèse complète de chaque patient inclus, comprenant : le nom, l'âge, le sexe, l'adresse, ainsi que les antécédents médicaux et ophtalmologiques pertinents, dans le but d'exclure toute pathologie pouvant interférer avec l'évaluation de l'astigmatisme, notamment les affections oculaires chroniques ou systémiques.
- ✓ Ensuite, une évaluation préopératoire standardisée a été réalisée pour chaque patient, incluant
- La mesure de l'acuité visuelle,
 - La réfraction objective,
 - La kératométrie, réalisées à l'aide d'un auto-kérato-réfractomètre.
- ✓ Un examen ophtalmologique complet à la lampe à fente a été effectué par le chirurgien afin de :
- Classer le type et le stade de la cataracte,
 - Examiner les structures du segment antérieur,
 - Et vérifier l'état du segment postérieur de l'œil.
- ✓ En complément, une échographie oculaire en mode A et B a été réalisée pour évaluer la longueur axiale et s'assurer de l'intégrité du segment postérieur, dans le but de calculer précisément la puissance de la lentille intraoculaire (LIO) à implanter.
- ✓ Suivi postopératoire : Le protocole de suivi a différé selon la technique chirurgicale utilisée :

- Pour les patients opérés par phacoémulsification, un suivi ophtalmologique a été assuré pendant une période de 1 mois. La kératométrie post-opératoire a été réalisée entre 4 et 6 semaines après l'intervention, afin de garantir la stabilité cornéenne avant l'évaluation de l'astigmatisme résiduel.
- Pour les patients opérés par extraction extra-capsulaire, la période de suivi a été prolongée à 3 mois. Deux séries de mesures kératométriques post-opératoires ont été réalisées :
 - Une première avant l'ablation des sutures
 - Et une seconde après le retrait des fils au troisième mois, afin d'évaluer l'évolution de l'astigmatisme induit par les incisions et les suture

IV.2.2.1 Selon le sexe

Sur les 30 patients sélectionnés : 17 hommes (54.7%), 13 femmes (43.3%).

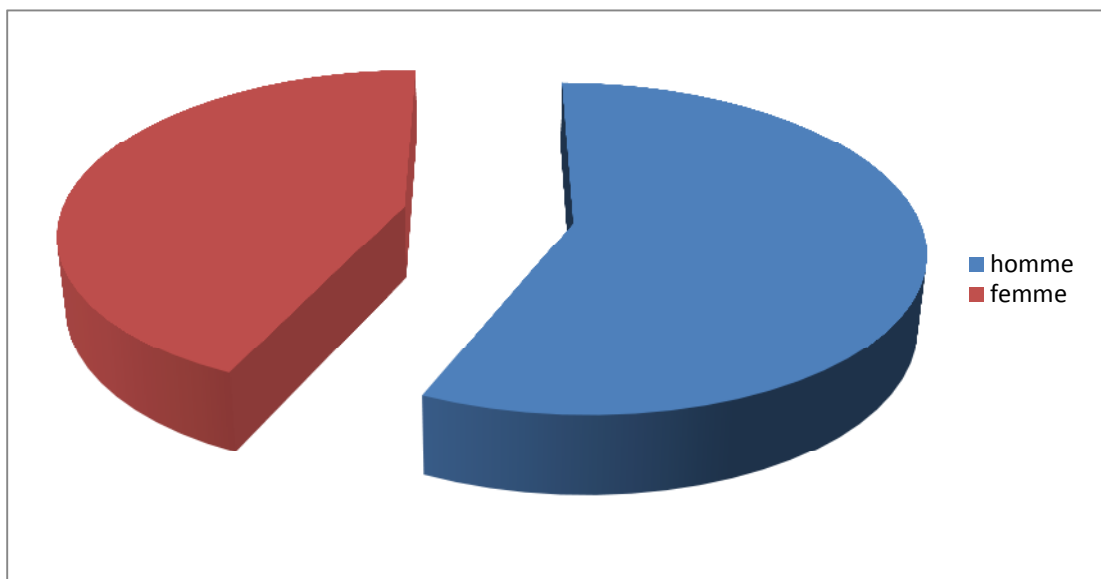


Figure 39 : Répartition relative des hommes et des femmes

Dans notre recherche, sur un total de 30 patients, 17 étaient des hommes (54,7 %) et 13 des femmes (43,3 %) comme il est illustré dans la figure 39. Cette distribution indique que le nombre d'hommes opérés de la cataracte était légèrement supérieur à celui des femmes.

IV.2.2.2 Selon l'âge

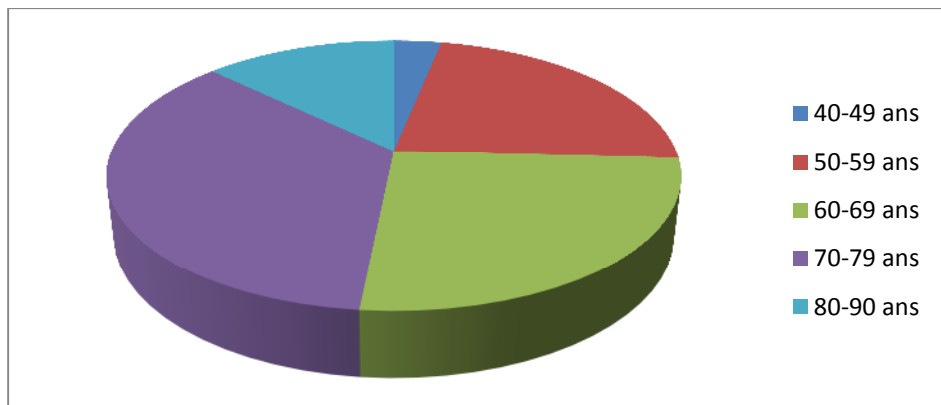


Figure 40: Répartition selon l'âge

Le diagramme circulaire donné par la figure 40, démontre la distribution des patients souffrant de cataracte en fonction des groupes d'âge. Il est évident que les groupes d'âge 60-69 ans et 70-79 ans sont les plus touchés, ce qui corrobore l'idée que la cataracte affecte principalement les individus du troisième âge. En revanche, les cas chez les individus âgés de 40 à 49 ans demeurent peu fréquents. Cette distribution souligne le rôle crucial de l'âge dans le développement de la cataracte.

Type de la cataracte	nucléaire	Sous capsulaire	Cortico-nucléaire	nucléaire capsulaire	Intra capsulaire	Blanche totale
Nombres de patients Opérés	07	04	04	03	03	09

IV.2.2.3 Selon le type de la cataracte

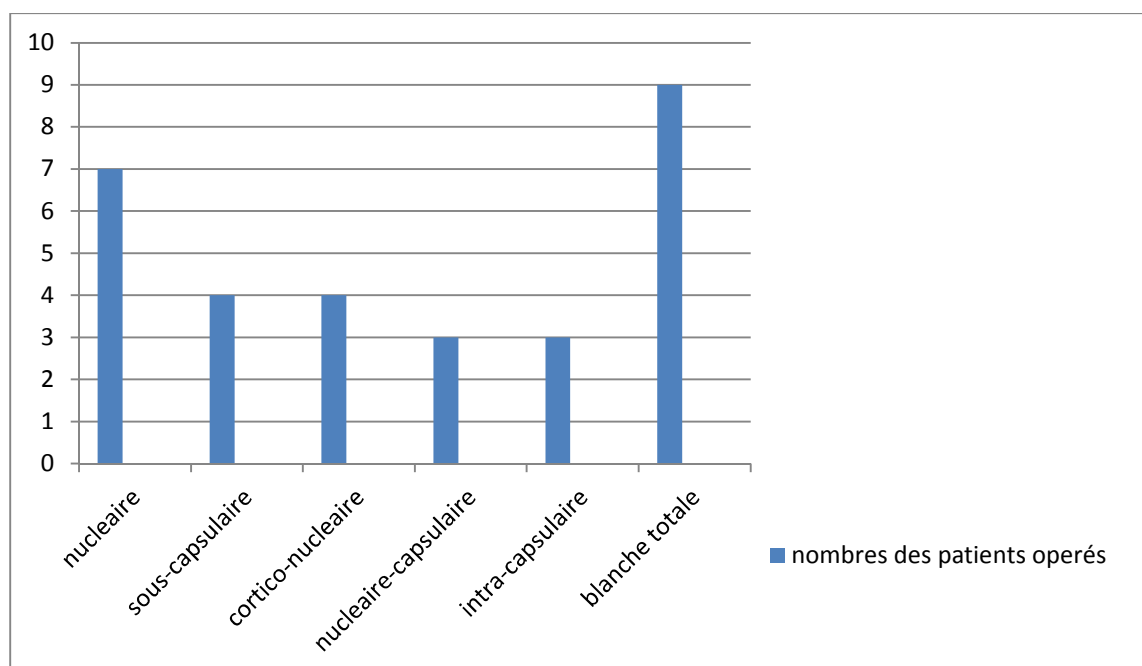


Figure 41: Répartition des patients opérés selon le type de cataracte

Dans la figure 41, nous pouvons dire que cette distribution indique que la cataracte blanche totale est la plus souvent opérée, avec 10 cas identifiés parmi les patients participant à l'étude. La cataracte nucléaire vient ensuite, avec un total de 7 cas. Les autres formes (sous capsulaires, cortico-nucléaire, nucléaire-capsulaire et intra-capsulaires) montrent une fréquence plus basse et assez homogène. Cette prévalence des formes avancées (telles que la cataracte blanche totale) pourrait indiquer un retard dans le traitement ou une accessibilité restreinte aux soins pour certains patients.

IV.2.2.4 Selon la technique de l'intervention

La méthode	phacoémulsification	Extraction extra capsulaire
Nombre des patients	24	06

Tableau 1 Les techniques d'intervention.

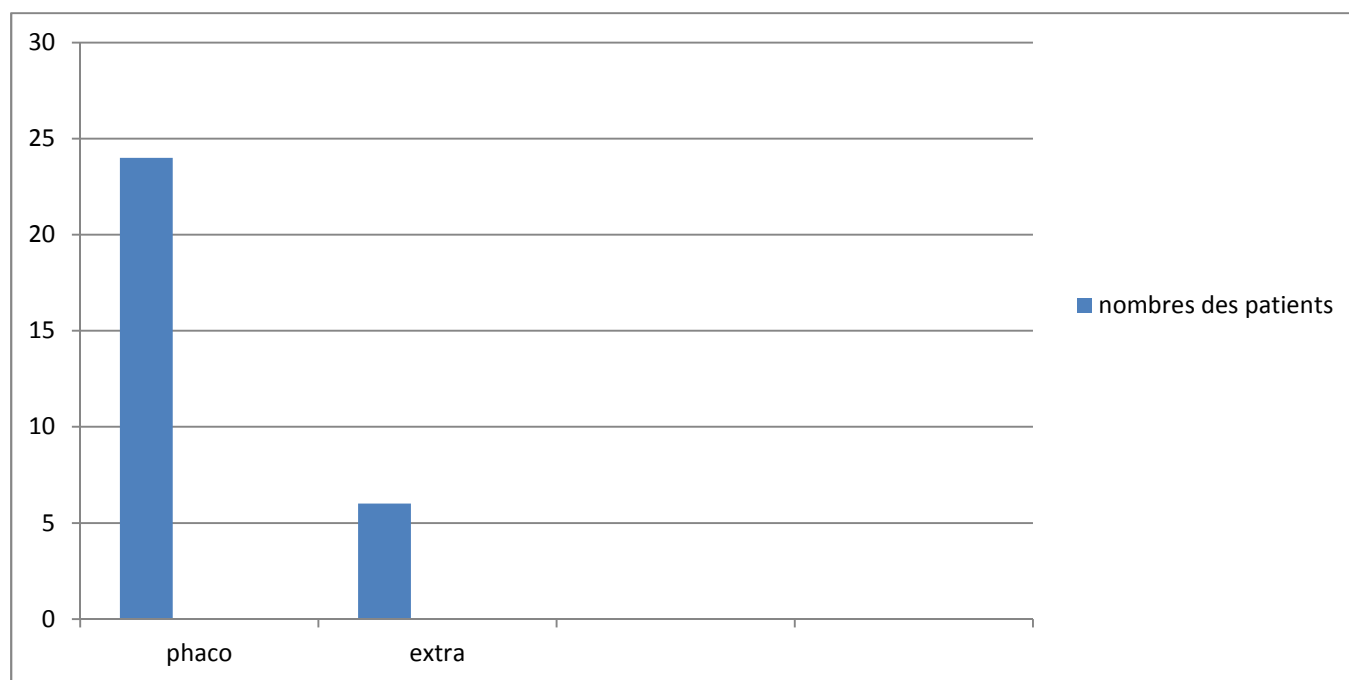


Figure 12: Répartition des patients opérés selon la technique d'intervention.

Le diagramme illustré par la figure 42, dépeint la distribution des patients ayant subi une opération de la cataracte en fonction de la méthode chirurgicale utilisée. Effectivement, la méthode Phaco a été utilisée pour la plupart des interventions, avec environ 26 patients, tandis que seulement 6 patients ont bénéficié d'une opération extra capsulaire.

IV.2.2.5 Selon l'incision

Taille d'incision (mm)	2.2	2.75	8-10
Nombre des patients	7	17	6

Tableau 2: Nombre des patients selon la taille de l'incision

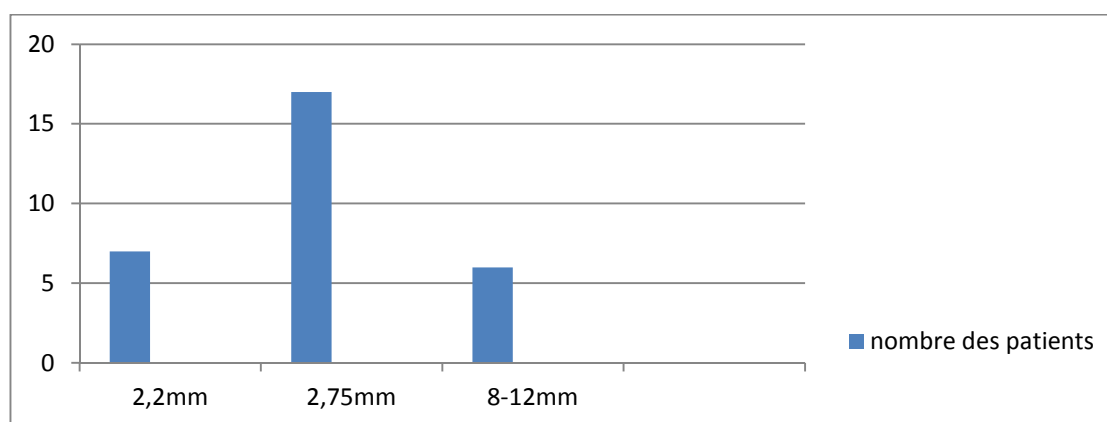


Figure 43 : Répartition des patients opérés selon la taille de l'incision

L'analyse des patients en fonction de la dimension de l'incision indique que la plupart d'entre eux (17 patients) ont subi une intervention avec une incision de 2,75 mm. Une incision plus petite de 2,2 mm a été pratiquée chez sept patients, alors que six autres ont subi une intervention avec une incision plus étendue, allant de 8 à 10 mm. Ces informations mettent en évidence la tendance contemporaine à privilégier des incisions de moindre taille, notamment lors des procédures de phacoémulsification, dans le but de réduire l'astigmatisme provoqué et d'optimiser la récupération visuelle après l'intervention. Le graphisme de la figure 43 illumine les cas traités.

IV.3 Evaluation de l'astigmatisme cornéen des patients opérées par les deux techniques

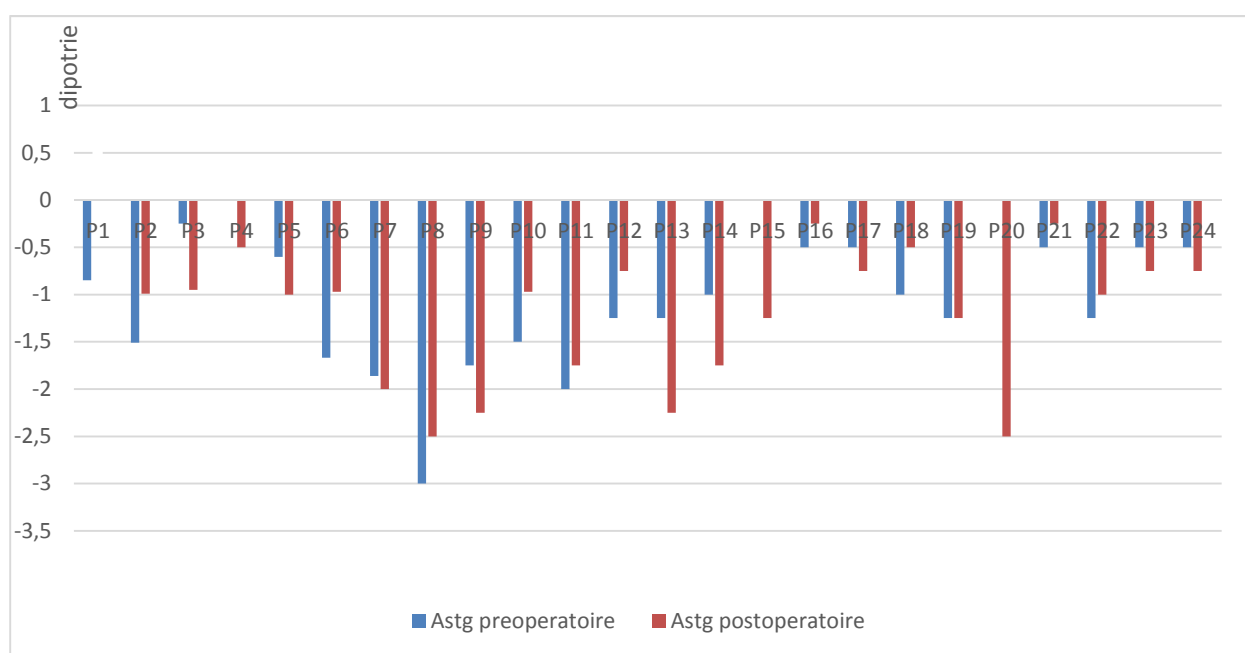


Figure 44: Graphe qui montre l'évolution de l'astigmatisme pré et postopératoire de chaque patient opéré par la phaco

Le graphique de la figure 45 met en évidence les variations de l'astigmatisme chez chaque patient avant (barres bleues) et après (barres orange) l'opération de la cataracte par la phacoémulsification. On constate que, dans la plupart des cas, l'astigmatisme après chirurgie reste similaire, voire légèrement plus élevé que celui mesuré avant l'intervention. Certains cas particuliers, tels que P7, P8 et P20, présentent une augmentation marquée de l'astigmatisme postopératoire, suggérant un astigmatisme induit par la chirurgie. À l'inverse, une amélioration est observée chez quelques patients comme P5 et P11. En résumé, la chirurgie ne corrige pas toujours l'astigmatisme et peut, dans certains cas, contribuer à son augmentation.

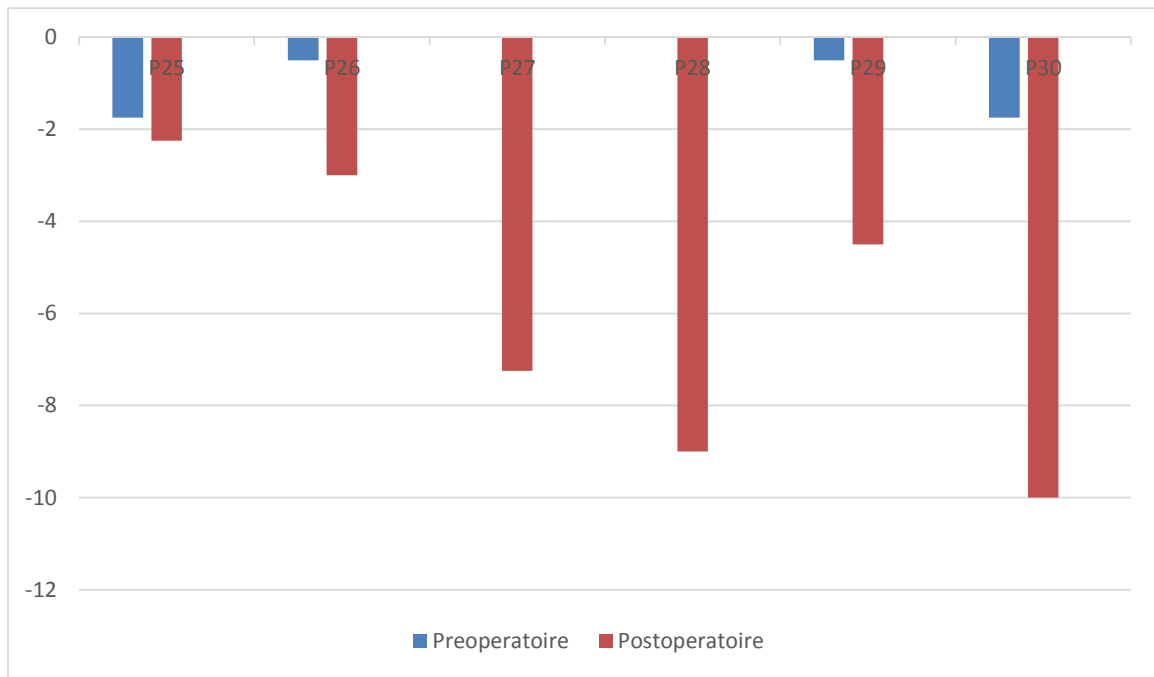


Figure 45: Graphe qui montre l'évolution de l'astigmatisme pré et postopératoire de chaque patient opéré par l'Extra

Le graphique de la figure 46, montre l'évolution de l'astigmatisme chez les patients opérés par la technique extra-capsulaire. On observe une nette augmentation de l'astigmatisme après l'opération (en orange) par rapport à avant (en bleu), chez tous les patients présentés. Cette augmentation est particulièrement importante chez P27, P28, P29 et P30, où les valeurs dépassent largement les 5 dioptries. Ces données indiquent que cette méthode chirurgicale peut entraîner un astigmatisme induit élevé, ce qui peut affecter la qualité de la vision post-opératoire.

IV.16 L'astigmatisme induit par les deux techniques chirurgicales

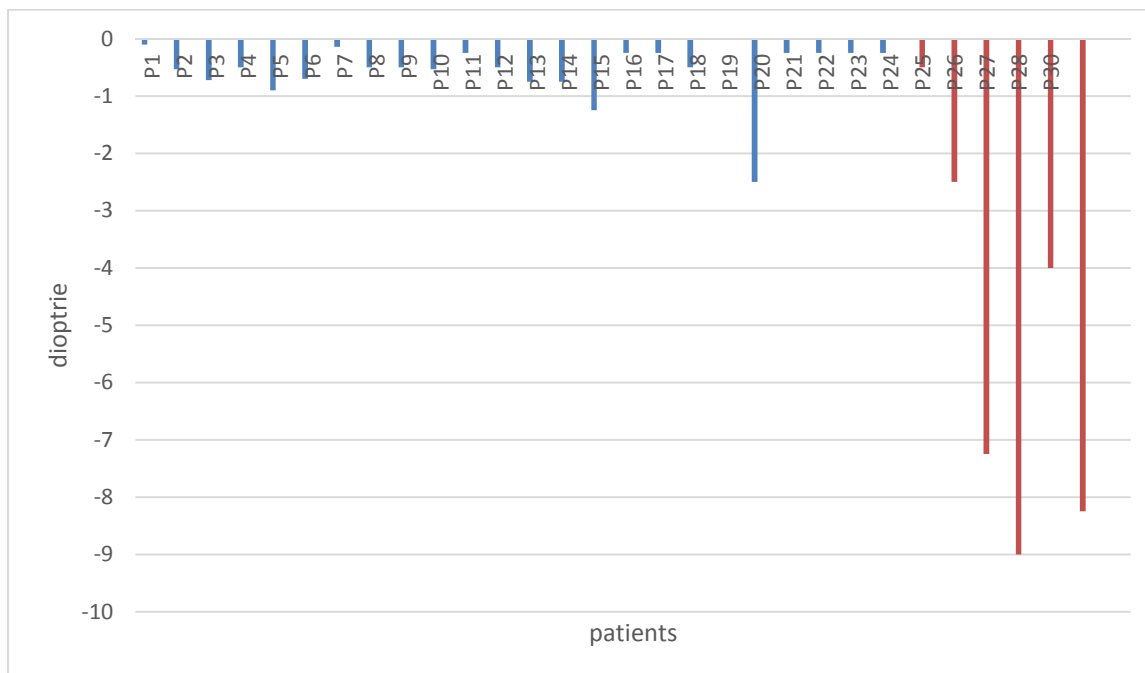


Figure 46: Graphe montrant AI par les deux techniques chirurgicales

Le graphique donné par la figure 47, montre l'évolution de la variable AI selon deux techniques chirurgicales : la phacoémulsification (en bleu) et l'extraction extra capsulaire (en rouge). On constate que pour la technique de phacoémulsification, les valeurs de AI restent globalement faibles et relativement stables chez les patients P1 à P24, avec une seule élévation notable chez le patient P20. En revanche, la technique d'extraction extra capsulaire présente une hausse marquée et irrégulière des valeurs de AI à partir du patient P25, atteignant des niveaux beaucoup plus élevés. Cette différence suggère que la phacoémulsification entraîne des résultats plus constants et potentiellement meilleurs, tandis que l'extraction extra capsulaire semble associée à une plus grande variabilité et à des valeurs de AI plus élevées.

IV.5 L'astigmatisme induit selon la valeur d'incision

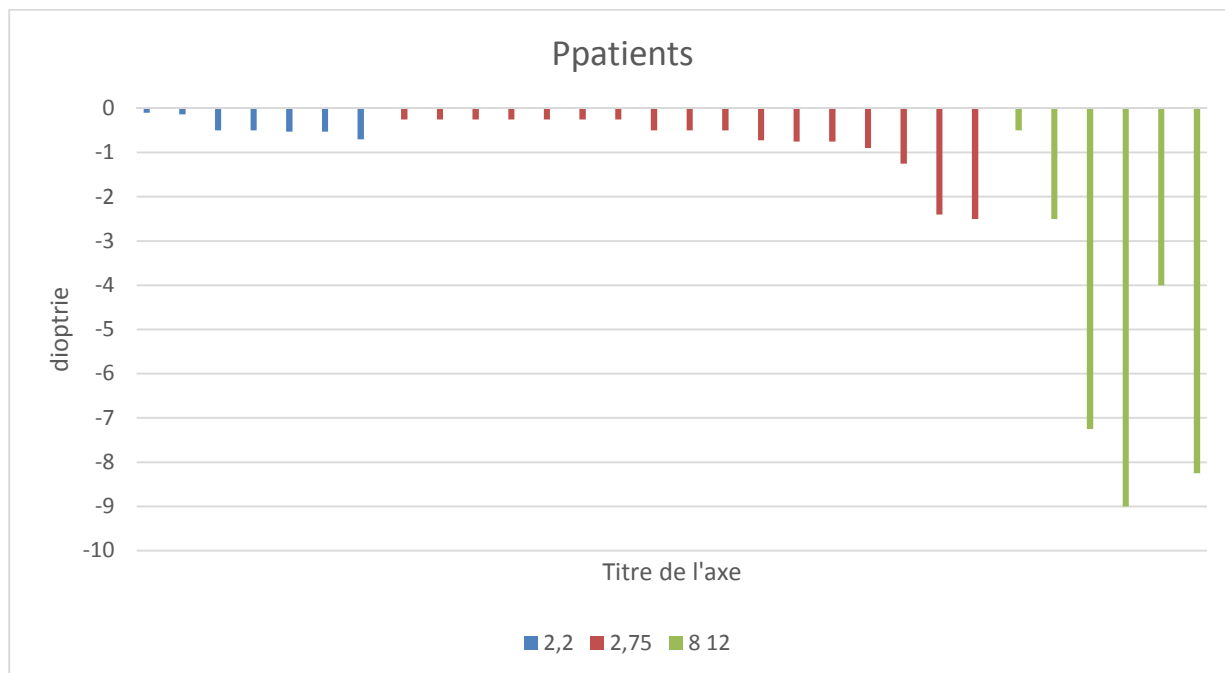


Figure 47: Graphe montre le taux d'astigmatisme en fonction de l'incision

Le graphique donné par la figure 48, intitulé « Graphe montre le taux d'astigmatisme en fonction de l'incision », Compare l'évolution du taux d'astigmatisme (ast) selon trois tailles d'incision chirurgicale : 2,2 mm, 2,75 mm, et 8–12 mm. On observe que l'incision de 2,2 mm (courbe bleue) est associée à une nette augmentation de l'astigmatisme, atteignant des valeurs proches de 9, ce qui indique un impact significatif. En revanche, les incisions de 2,75 mm (en orange) et de 8–12 mm (en rouge) présentent des taux d'astigmatisme bien plus faibles et stables tout au long de la période observée, avec une légère hausse en fin de courbe pour la plus grande incision. Ces résultats suggèrent que, contrairement à ce qu'on pourrait attendre, l'incision de 2,2 mm, bien que plus petite, semble entraîner un astigmatisme postopératoire plus marqué que les autres tailles d'incision.

IV.6 Discussion

Pour mettre en valeur notre mémoire, nous avons pris un échantillon de patients au nombre de 30 réparti selon les âges et les sexes selon le tableau récapitulatif ci-dessous. Les valeurs considérées lors de notre enquête ont été enregistrées après une durée de 15 jours de l'intervention de la cataracte. Nos constats se sont présentés comme suit :

- Une légère prédominance d'hommes estimée à (54,7 %) parmi les patients ayant subi une opération de la cataracte. Cette différence pourrait être due à des facteurs socio-culturels ou à un accès plus rapide des hommes aux soins ou autres que nous ignorons.

- La cataracte est principalement observée chez les individus âgés de 60 à 79 ans. Ceci confirme que l'âge est déterminant quant à l'évolution de cette maladie. Les cas chez les individus les plus jeunes restent rares.
 - La cataracte blanche totale est la plus souvent opérée, suivie de près par la cataracte nucléaire. Ceci peut indiquer un retard dans l'intervention ou des obstacles à l'accès aux traitements,
 - La phacoémulsification est la technique la plus couramment utilisée pour traiter la cataracte, principalement en raison de ses nombreux avantages, telles qu'une récupération rapide et une réduction significative des complications post-opératoires. Son incision minimale permet de limiter les risques d'astigmatisme et d'infections, rendant la méthode plus sûre pour la majorité des patients. Alors que, dans certains cas spécifiques, comme les cataractes particulièrement denses ou les patients avec des pathologies associées, l'intervention extra capsulaire, bien que moins fréquente, reste nécessaire. Cette technique plus invasive, avec une incision plus large, est associée à une récupération plus longue et à un risque accru d'astigmatisme, mais peut être indispensable lorsque la phacoémulsification n'est pas réalisable.
 - L'incision utilisée lors de la chirurgie de la cataracte a un impact important sur l'astigmatisme induit après l'opération. L'incision de 2,75 mm, la plus fréquente, permet de limiter l'astigmatisme tout en assurant une bonne efficacité chirurgicale. L'incision plus petite de 2,2 mm, qui est encore plus précise, réduit davantage l'impact sur la cornée, mais elle est moins couramment utilisée en raison de sa complexité technique. D'un autre côté, les incisions plus larges, comme celles de 8 à 10 mm pour la chirurgie extra capsulaire, ont tendance à induire un astigmatisme plus marqué, car elles perturbent plus fortement la cornée. Ainsi, la tendance générale est d'opter pour des incisions plus petites afin de minimiser l'astigmatisme après l'opération.
 - L'augmentation significative de l'astigmatisme dans le secteur public peut être expliquée par l'utilisation de techniques chirurgicales moins précises, notamment la chirurgie extra capsulaire, qui est plus courante dans ce secteur. Cette méthode, en raison de son incision plus large (8 à 10 mm), perturbe davantage la cornée et induit un astigmatisme plus élevé comparé à la phacoémulsification, qui utilise une incision plus petite et plus précise (2,75 mm).
 - L'augmentation, la diminution et la stabilité de l'astigmatisme observées chez certains patients peuvent être attribuées à plusieurs facteurs liés à la chirurgie et aux caractéristiques individuelles de chaque patient.
- **Augmentation de l'astigmatisme :**
 - Dans le cas des patients opérés (P3, P4, P5, P7, P9, P13, P14, P15, P17, P20, PP23, P24) par la technique phacomulsification, l'astigmatisme postopératoire a augmenté de

manière plus ou moins légère. Cela pourrait être dû à des facteurs comme la **localisation de l'incision** (par exemple, si l'incision est mal positionnée ou trop large),

- Dans le cas des patients (P25. P26. P27. P28. P29. P30), l'**utilisation des techniques chirurgicales** extra capsulaire (qui implique une incision plus grande), ou encore des **propriétés individuelles de la cornée** (telles qu'une guérison plus lente ou irrégulière). L'incision plus large (8mm-12mm) perturbant la courbure de la cornée peut entraîner un astigmatisme plus marqué, ce qui affecte la qualité de la vision post-opératoire.
- **Diminution de l'astigmatisme** : Chez les patients (P1. P2. P6. P8. P10. P11. P12. P16. P17. P21. P22), l'astigmatisme postopératoire a diminué, ce qui peut être le résultat d'une incision précise et bien positionnée. Dans certains cas, une correction naturelle du profil cornéen peut également se produire pendant la guérison. Les incisions plus petites, comme celles utilisées dans la phacoémulsification, sont moins invasives et perturbent moins la cornée, ce qui permet à la courbure de la cornée de rester plus régulière et d'améliorer la vision post-opératoire.
- **Stabilité de l'astigmatisme** : Enfin, chez le patient 19, l'astigmatisme est resté stable, c'est-à-dire qu'il n'y a pas eu de changements notables entre les mesures préopératoires et postopératoires. Cela pourrait indiquer que l'incision a été réalisée de manière optimale, permettant à la cornée de conserver sa forme sans provoquer de modifications significatives. La stabilité peut aussi être le résultat de caractéristiques cornéennes favorables, comme une meilleure élasticité de la cornée et une guérison uniforme.
- **Cas particuliers recensés lors de notre étude** : Nous avons relevé deux cas particuliers dont les indications sont portées sur leurs fiches cliniques; il s'agissait des patients P15 et P20. Il s'est avéré qu'il y a eu une augmentation anormale de l'astigmatisme cornéen pour les deux cas malgré qu'ils ont subi l'intervention par phacoémulsification sauf qu'ils n'ont pas respectés le protocole de l'intervention (hyper mobilité de la tête, très agités) ce qui a rendu la tâche au chirurgien très difficile et en conséquence le résultat est loin de celui qu'il attendait.

Ainsi, la variation de l'astigmatisme post-chirurgical dépend de nombreux facteurs, incluant la technique chirurgicale choisie, la taille et la position de l'incision, ainsi que les spécificités anatomiques et de guérison propres à chaque patient.

Nous avons été confrontées à un incident très grave suite à une intervention de cataracte qui a été faite dans des conditions très mauvaises. La raison pour laquelle l'incident a eu lieu, est la mauvaise stérilisation du matériel utilisé lors des interventions. Ceci a entraîné une contamination collective de plus de 7 patients âgés entre 40 et 75 ans au niveau d'une clinique privée mais la prise en charge était au niveau de l'état. Malheureusement nous n'avons pas pu les suivre malgré leur enregistrement pré opératoire. Ils ont malheureusement subi tous une endophtalmie.

D'une part, quelques patients n'ont pas été suivis pour des raisons qui sortent de notre volonté (refus de suivi, éloignement des patients, ignorance ...)

D'autre part, quelques patients n'ont pas été implantés (patient aphaque) pour les raisons suivantes :

- Forte myopie.
- Des enfants qui ont une cataracte congénitale.
- Des patients âgés qui ne veulent pas respecter les consignes des chirurgiens.

La technique la plus utilisée dans notre étude est la phacoémulsification, et c'est aussi celle qui donne les meilleurs résultats. Elle est plus précise, rapide, et provoque moins de traumatisme sur la cornée. Elle permet donc de limiter l'apparition d'un astigmatisme résiduel après l'opération. En comparaison, l'extraction extracapsulaire montre des cas plus marqués d'augmentation de l'astigmatisme, surtout à cause de la taille de l'incision.

La position de l'incision joue aussi un rôle très important. Quand elle est faite au niveau du rayon le plus courbé de la cornée, cela permet de diminuer le risque d'augmentation de l'astigmatisme après l'opération. Par contre, une incision mal placée peut causer un astigmatisme induit.

Dans notre analyse, nous avons observé trois cas possibles après l'intervention chirurgicale :

- Une augmentation de l'astigmatisme chez certains patients, souvent liée à une incision mal orientée ou à une mauvaise cicatrisation ;
- Une diminution dans quelques cas, surtout quand la chirurgie a été bien planifiée ;
- Et une stabilité chez plusieurs patients, ce qui montre que l'astigmatisme n'a pas été touché.

IV.7 Conclusion

Pour conclure et afin d'avoir une diminution ou une stabilité de l'astigmatisme après la chirurgie de la cataracte, il faut bien choisir la technique chirurgicale (de préférence la phacoémulsification), faire l'incision au bon endroit (au niveau du rayon le plus courbé), bien évaluer la cornée avant l'opération, et utiliser un matériel adapté. Tous ces éléments réunis permettent d'assurer une meilleure vision pour le patient et de réduire les complications visuelles après la chirurgie.

Conclusion Générale

Conclusion générale

À travers ce mémoire, nous avons exploré en profondeur un sujet d'actualité en ophtalmologie qui est l'astigmatisme résiduel après la chirurgie de la cataracte. Cette chirurgie, bien qu'efficace pour traiter l'opacification du cristallin, peut parfois entraîner des modifications de la courbure cornéenne, responsables d'un astigmatisme postopératoire. Nous avons donc mené une étude comparative entre les différents patients opérés par deux techniques : la phacoémulsification et l'extraction extra capsulaire.

Les résultats ont montré que la phacoémulsification est la technique la plus utilisée et aussi la plus efficace pour limiter les variations de l'astigmatisme. Elle donne des résultats plus stables, avec moins de complications, surtout lorsque l'incision est réalisée au niveau du méridien le plus courbé de la cornée. En revanche, l'extraction extra capsulaire est plus invasive et présente un risque plus élevé d'induire un astigmatisme, surtout si l'incision est large ou mal placée.

Nous avons également constaté que l'astigmatisme postopératoire peut augmenter, diminuer ou rester stable selon plusieurs facteurs : la technique utilisée, la position de l'incision, les conditions opératoires, la cicatrisation cornéenne et les caractéristiques individuelles du patient.

Un autre point important de notre mémoire concerne la comparaison entre les patients opérés dans le secteur public et ceux du secteur privé. Les résultats ne montrent pas de différence significative entre les deux : la qualité des soins est globalement la même, ce qui est rassurant aussi bien pour les patients que pour les professionnels de santé.

Dans cette étude, l'optométriste joue un rôle clé. D'abord, en participant à l'évaluation préopératoire de la cornée, ce qui permet de repérer les astigmatismes existants et de contribuer à une meilleure planification chirurgicale. Ensuite, il intervient dans le suivi postopératoire, en mesurant les changements cornéens et en évaluant la qualité de la vision. Mais surtout, l'optométriste a un rôle essentiel dans la sensibilisation des patients. Il les informe sur les bénéfices et les limites de l'intervention, leur explique les effets possibles sur la vision, et les aide à avoir des attentes réalistes.

En résumé, pour obtenir les meilleures conditions visuelles après une chirurgie de la cataracte, il est nécessaire de choisir une bonne technique (phacoémulsification), une incision bien placée, et de s'assurer d'un suivi optométrique rigoureux. Ce travail montre à quel point une collaboration étroite entre chirurgien et optométriste est cruciale pour assurer un résultat visuel satisfaisant et améliorer la qualité de vie des patients.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] anatomie et physiologie de l'oeil.pdf
- [2] Le livre de l'interne – Ophtalmologie.
- [3] Eric Beaubert, Franck Pariguet et Stéphane Taboulot [2005], Manuel de l'opticien,
- [4] C. Lamiriande and D. J. Allard, « L astigmatisme », Passpartante.
- [5] Je Vis Bien Être. (S.d.). Comment voit un astigmaté ? Jevisbienetre.fr.
<https://www.jevisbienetre.fr/article/comment-voit-un-astigmaté>.
- [6] Gatinel, D. (2015). Astigmatisme : définitions et formulations.
- [7] M. GUEDJ, « ASTIGMATISME », MGUEDJ.COM, [Online].
<https://www.mguedj.com/Astigmatisme.html>.
- [8] Gatinel, Damien. Illustration de l'astigmatisme – lentille torique. Fondation Rothschild, www.gatinel.com.
- [9] O. Touzeau, s. Scheer, C. Allouch, V. Borderie, and L. Laroche, "Astigmatisme: analyses mathématiques et représentations graphiques," EMC - Ophtalmo., 2004, doit: 10.1016/j.emcop.2004.02.002.
- [10] Centre Ophtalmologique Paris. (S. d.). Qu'est-ce que le kératocône ? [Photographie]. <https://ophtalmologie-paris.pro/qu-est-ce-que-le-keratocone/>
- [11] Yelle, Bernard. (2001). Astigmatisme des faisceaux obliques. Cégep Édouard-Montpetit, Longueuil, Québec. Le monde en images – CCDMD.
- [12] Yelle, Bernard. (2001). Astigmatisme des faisceaux obliques. Cégep Édouard-Montpetit, Longueuil, Québec. Le monde en images – CCDMD
- [13] Pr.Zouaoui, « Astigmatisme ».
- [14] Pr.Zouaoui, « Astigmatisme ».
- [15] livre chirurgie de la cataracte Les formes cliniques de la cataracte.
- [16] <https://www.oph78.fr/cataracte/#video-presentation>.
- [17] <https://www.realites-ophtalmologiques.com/author/dgatinel>
- [18] cataracte-complet-pdf-pr_da6beba301e79dbb0fb4a2f64cec1292
- [19] <https://www.oph78.fr/cataracte/#video-presentation>.
- [20] H. Fong, K. C., Malhotra, R., Embleton, S. J., Packard, R., Patel, C. K., V., Pointer, The Ageing Lens and Classification of Cataracts. In Cataract. 2008
- [21] 1° Apple DJ, Mamalis N, Loftfield K, et al. "Complications of cataract surgery." Survey of Ophthalmology: 1984;29(1): 1-54
- [22] Gogate P. "Comparison of incision size and outcomes in manual small incision cataract surgery and extracapsular cataract surgery." Indian Journal of Ophthalmology. 2009;57(1):45-49.
- [23] Kelman CD. "Phaco-emulsification and aspiration: A new technique of cataract removal." American Journal of Ophthalmology. 1967;64(1):23-35.

- [24] Dick HB, Kohnen T. "Small incision cataract surgery: current options and future trends." *Current Opinion in Ophthalmology*. 2006;17(1):62-69
- [25] Arshinoff, S. A., et al. (2009). "The effect of incision size and location on astigmatism in cataract surgery. " *Journal of Cataract & Refractive Surgery* .
- [26] Leung, M. T., et al. (2011). "Micro-incision cataract surgery and induced astigmatism." *Eye*
- [27] Sharma, S., et al. (2015). "Incision size and its effect on astigmatism after cataract surgery." *Clinical & Experimental Ophthalmology*
- [28] Cheng, H., et al. (2018). "Effects of incision placement on postoperative astigmatism in cataract surgery." *Journal of Cataract and Refractive Surgery*
- [29] Suh, W. K., et al. (2016). "Comparison of astigmatism induction with small incision cataract surgery at different sites. " *Korean Journal of Ophthalmology*.
- [30] Wang, Z., et al. (2019). "The role of meridian alignment in minimizing astigmatism after cataract surgery." *Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging*.
- [31] Gimbel, H. V., et al. (2003). "Postoperative complications and their role in induced
- [32] Rao, G. N., et al. (2017). "Biomechanical properties of the cornea and their implications in cataract surgery outcomes." *Current Opinion in Ophthalmology*
- [34] Klyce S.D. (1980). Computer assisted corneal topography. *American Journal of Ophthalmology*, 90(4), 445-455
- [35] Oshika, T. Samejima, T. & Tokunaga, T. (1998). Accuracy of corneal power measurement using automated keratometry. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 24(4), 509-513.
- [36] Douthwaite, W. A. (2000). A comparison of keratometer indices of refraction. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 20(3), 212-218.
- [37] Holladay JT. Quality of vision: essential for optimizing outcomes in cataract surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2017;43(3):361-362.

Annexes

Les annexes

Interrogatoire :

- Antécédents généraux
- Antécédents ophtalmo

Informations générales du patient	
Patient	
Sexe	
Age	
Œil concerné	
Informations liées à la chirurgie de la cataracte	
Type de cataracte	
Puissance de l IOL	
Taille de l'incision	
Compte rendu préopératoire	
Correction	/
Kératométrie	
Astigmatisme cornéen	
Acuité visuelle	
Compte rendu post opératoire	
Kératométrie	
Astigmatisme cornéen	
Acuité visuelle	
Réfraction	

	Age	Œil opéré	Incision	Type de cataracte	IOL (D)	Données préopératoire			Données post opératoire		
						Kératométrie (D)	Astigmatisme	AV	Keratometrie (D)	Astigmatisme	Réfraction et AV
P1	65 ans	OD	2.2 mm	nucléaire	+10.00	K1=42.44 K2=43.29	A = -0.85	6/10	K1=42.50 K2=43.25	A =-0.75	-3.25 (0.75) 62
P2	71 ans	OG	2.2 mm	Sous capsulaire postérieure	+21.00	K1=40.98 K2=42.49	A = -1.51	1/10	K1=41.35 K2=3.42.32	A =-0.97	-0.50 (-1.75) 50°
P3	78 ans	OD	2.75mm	nucléaire	+19.50	K1=44.30 K2=44.55	A = -0.25	2/100	K1=43.50 K2=44.43	A =- 0.93	-1.75 (-0.75) 85°
P4	59 ans	OD	2.2 mm	Cortico-nucléaire	+23.50	K1=43.50 K2=43.50	A = 0	MDM	K1=43.75 K2=44.25	A =-0.5	/
P5	87 ans	OG	2.75mm	nucléaire capsulaire	+17.50	K1=46.00 K2=46.60	A = -0.60	3/100	K1=45.70 à 90° K2=47.20 à 180°	A =-1.50 à 90°	/
P6	75 ans	OG	2.2 mm	intra capsulaire	+21.00	K1=41.90 K2=43.57	A = -1.67	1/10	K1=42.25 à 55° K2=43.22 à 145°	A =-0.97 à 55°	-0.5 (-1.75) 50°
P7	70 ans	OD	2.2mm	Blanche totale	+22.00	K1=44.20 K2=46.06	A = -1.86	MDM	K1=44.88 à 20° K2=46.88 à 110°	A =-2.00 à 20°	+0.25 (-1.50) 20°
P8	58 ans	OD	2.2 mm	Sous capsulaire postérieure	+27.00	K1=42.70 K2=45.70	A = -3.00	/	K1=44.70 à 170° K2=47.20 à 80°	A=-2.50 à 170°	/
P9	60 ans	OG	2.75mm	Cortico nucléaire	+17.00	K1=42.25 K2=44.00	A= -1.75	/	K1=42.00 à 10° K2=44.25 à 10°	A=-2.25à 100°	+0.25 (0.75) 65°

P10	68 ans	OD	2.2mm	Nucléaire/sous capsulaire	+21.00	K1=41.80 K2=43.31	A=-1.51	1/100	K1=42.25 à 50° K2=43.22 à 140°	A=-0.97 à 50°	-0.50 (-1.75) 50°
P11	52 ans	OD	2.75m m	Intra capsulaire	+17.50	K1=42.50 à 90° K2=44.50 à 180°	A=-2.00	5/100	K1= 43.25 à 135° K2=45.00 à 45°	A=-1.75 à 135°	6/10
P12	51 ans	OD	2.75m m	Nucléaire	+18.00	K1=45.75 à 60° K2=47.00 à 150°	A=-1.25	3/10	K1=46.00 à 180° K2=46.75 à 90°	A=-0.75 à 180°	6/10
P13	60 ans	OG	2.75m m	Nucléaire	+20.50	K1=43.00 à 165° K2=44.50 à 75°	A=-1.50	1/100	K1=42.75 à 120° K2=45.00 à 30°	A=-2.25 à 120°	4/10
P14	64 ans	OD	2.75m m	Nucléaire	+19.00	K1=42.50 à 95° K2=43.50 à 5°	A=-1.00	5/100	K1=42.50 à 5° K2=44.25 à 95°	A=-1.75 à 5°	/
P15	50 ans	OD	2.75m m	Blanche totale	+20.5	K1=45.25 K2=45.25	A=0	mdm	K1=44.00 à 80° K2=45.25 à 170°	A=-1.25 à 80°	/
P16	75 ans	OG	2.75m m	Cortico nucléaire	+23.00	K1=44.00 à 5° K2=44.50 à 95°	A=-0.50	2/10	K1=44.25 à 75° K2=44.50 à 165°	A=-0.25 à 75°	/
P17	44 ans	OG	2.75m m	Nucléaire	+20.50	K1=42.50 à 30° K2=43.00 à 120°	A=-0.50	2/10	K1=42.00 à 120° K2=42.75 à 30°	A=-0.75 à 120°	7/10

P18	63 ans	OG	2.75m m	Sous capsulaire	+14.00	K1=45.25 à 165° K2=46.25 à 75°	A=-1.00	2/100	K1=45.00 à100° K2=45.50 à10°	A=-0.50 à 100°	6/10
P19	73 ans	OD	2.75m m	Blanche totale	+20.00	K1=44.50 à180° K2=46.75 à 90°	A=-1.25	3/100	K1=46.25 à 10° K2=47.00 à100°	A=-1.25 à 10°	4/10
P20	65 ans	OD	2.75m m	Nucléaire/capsulai re	+25.00	K1=44.25 K2=44.25	A=-0	2/100	K1=43.00 à50° K2=45.50 à140°	A=-2.50 à50°	2/10
P21	80 ans	OG	2.75m m	Sous capsulaire	+22.50	K1=42.25 à 60° K2=42.75 à150°	A=-0.5	1/100	K1=43.25 à40° K2=43.50à13 0°	A=-0.25 à40°	/
P22	75 ans	OG	2.75m m	Cortico nucléaire	+22.00	K1=43.25 à 170° K2=44.50 à 80°	A=-1.25	4/10	K1=44.00 à80° K2=45.00 à170°	A=-1.00 à80°	/
P23	77 ans	OG	2.75m m	Nucléaire	+21.00	K1=45.50 à 170° K2=46.00 à 80°	A=-0.50	1/100	K1=46.00 à75° K2=46.75 à165°	A=-0.75 à75°	5/10
P24	54 ans	OG	2.75m m	Intra capsulaire	+21.00	K1=41.50 à 80° K2=42.00 à170°	A=-0.5	2/100	K1=41.50 à185° K2=42.25 à95°	A=-0.75 à185°	5/10
P25		OG	8- 12mm	Blache totale	+21.00	K1=42.50 K2=44.25	A=-1.75	/	K1=40.75 K2=43.00	A=-2.25	/
P26		OG	8- 12mm	Blanche totale	+19.00	K1=43.50 K2=44.00	A=-0.50	/	K1=40.25 K2=43.25	A=-3.00	/

P27		OD	8-12mm	Blanche totale	+18.00	K1=43.00 K2=43.00	A=0	/	K1=41.00 K2=48.25	A=-7.25	/
P28		OG	8-12mm	Blanche totale	+23.00	K1=42.25 K2=42.25	A=0	/	K1=40.00 K2=49.00	A=-9.00	/
P29		OD	8-12mm	Blanche totale	+14.00	K1=44.50 K2=45.00	A=-0.50	/	K1=42.25 K2=44.75	A=-2.50	/
P30		OD	8-12mm	Blanche totale	+16.00	K1=41.25 K2=43.00	A=-1.75	/	K1=39.75 K2=49.75	A=-10.00	/