

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifiques

Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen-

Faculté des sciences

Département de Médecine

Mémoire en vue d'obtention de diplôme de Docteur en Médecine.

Le thème :

**La cataracte chez le sujet âgé et ses complications post-opératoire.**

Présenté par : Melle OURAGHI Sarah Khadidja

Encadré par : Pr BOUSSALAH.M

Professeur **Marjam BOUSSALAH**  
Chef de Service d'Ophthalmologie  
C.H.U. TLEMCEM

Année 2011/2012

## REMERCIEMENTS

---

C'est avec beaucoup d'intérêt que j'ai accompli mon stage d'internat au service d'ophtalmologie C.H.U Tlemcen, choisi comme service chirurgical qui s'est déroulé du 02-10-2011 au 31-12-2011.

J'ai reçu dans une atmosphère de compréhension doublée de sympathie, un stage à tout égard profitable pour lequel je remercie vivement Professeur BOUSSALAH.M pour son aide et conseils précieux elle m'a apporté ainsi que pour l'encadrement sérieux et fructueux qu'elle m'a manifesté au cours de ces 03mois écoulés.

Ceci a contribué à une meilleure formation pratique, et à des connaissances médicales et chirurgicales plus approfondies.

Mes remerciements sont également aux assistants, résidents et tout le personnel médical et paramédical pour leur gentillesse qu'ils nous ont manifesté.



# **SOMMAIRE :**

## ***INTRODUCTION :***

**I.DÉFINITION DE L'OPHTALMOLOGIE :**

**II.HISTORIQUE :**

**III.HISTOIRE DE L'OPHTALMOLOGIE**

**IV.OPHTALMOLOGISTES CÉLÈBRES :**

**V.EXAMEN OPHTALMOLOGIQUE :**

**1. Acuité visuelle:**

**2. Champ visuel:**

**3.Examen du segment antérieur**

**4.Mesure du tonus oculaire**

**5.Examen du segment postérieur**

**VI.EXAMENS COMPLEMENTAIRES EN OPHTALMOLOGIE :**

**VII.APPAREILS DE MESURE**

## ***L'ŒIL :***

**I.DEFINITION :**

**II.ATOMIE ET PHYSIOLOGIE OCULAIRE :**

**1. Composition de l'œil**

**1.1. Segment antérieur**

**1.1.1. La cornée**

**2.1.1. L'uvéa**

**3.1.1. Le cristallin**

**4.1.1. L'humeur aqueuse**

**2.1. Segment postérieur**

**1.2.1. La rétine**

**2.2.1. La choroïde**

**3.2.1. Le corps vitré**

## **2. ANNEXES DE L'OEIL**

**1.2. L'orbite**

**2.2. Les muscles oculomoteurs**

**1.2.2 muscles droits**

**2.2.2 muscles obliques**

**3.2. La paupière**

**4.2. La glande lacrymale**

## **III. ORIGINE ET EVOLUTION DE L'OEIL**

## **IV. CARACTERISTIQUES OPTIQUES DE L'OEIL**

**1. Sensibilité**

**2. Résolution**

## **V. FORMATION DE L'IMAGE :**

## **VI. OPTIQUE DE L'OEIL :**

**1. Description de l'œil humain**

**2. L'œil théorique**

**3. Caractéristiques optiques de l'œil théorique**

**1.3 Puissance de l'œil et points principaux**

**1.1.3 La cornée:**

**2.1.3 Le cristallin:**

**3.1.3 Œil:**

**2.3 Pupilles de l'œil**

**4. Accommodation**

## **VII. L'IMAGE RETINIENNE :**

**1. Image nette, image floue.**

**2. Calcul de l'image rétinienne**

## **IIX. L'acuité visuelle**

**1. Définition**

**2. Courbe d'acuité d'un œil sphérique**

**3. Critère de lisibilité et règle de Swaine**

**IX. Emmétropie et amétropie**

**1. Rappel de définitions**

**2. Emmétropie, Amétropies**

**3. Parcours d'accommodation**

**X - Compensation des amétropies sphériques**

**1. Principe de la compensation**

**2. Puissance du système compensateur**

**3. Parcours corrigé (ou apparent)**

**4. Accommodation en vision rapprochée de l'amétrope compensé**

**5. Système compensateur mince.**

**6. Système compensateur épais**

**7. Comparaison lentilles – lunettes**

**8. Cas des anisométropes**

## **CATARACTE :**

**I. INTRODUCTION :**

**II. Définition de la cataracte :**

**III. Manifestations cliniques de la cataracte :**

**IV. Aspects biomicroscopiques de la cataracte :**

**V. Symptômes visuels de la cataracte**

**VI. Cataracte et retentissement visuel**

**VII. Causes de la cataracte :**

**IIIX. Types de cataracte :**

**1. Cataracte nucléaire**

**2. Cataracte cortico-nucléaire**

**3. Cataracte sous capsulaire antérieure**

**4. Cataracte sous capsulaire postérieure**



**IX. Type de cataracte et symptômes visuels**

**X. Dépistage et diagnostic de la cataracte**

**XI. Diagnostic objectif de la diffusion lumineuse causée par la cataracte**

**XII.LE TRAITEMENT**

**XIII.BILAN PRÉ-OPÉATOIRE POUR LA CHIRURGIE DE LA CATARACTE**

**1. LE BILAN OPHTALMOLOGIQUE**

**2.EXAMENS COMPLÉMENTAIRES ÉVENTUELS**

**3.LA BIOMÉTRIE**

**4.LA CONSULTATION D'ANESTHÉSISTE**

**XIV.LE MODE ANESTHÉSIQUE**

**XV.LE MODE D'HOSPITALISATION :**

**XV.METHODES CHIRURGICALES :**

**XVI.EVOLUTION DE LA CHIRURGIE DE LA CATARACTE**

**XVII.LE DÉROULEMENT DE L'INTERVENTION CHIRURGICALE**

**XIIX.INCIDENTS ET DIFFICULTÉS PRÉ-OPÉATOIRE :**

**XIX.LES SOINS LOCAUX :**

**XX.L'ÉVOLUTION POST-OPÉATOIRE HABITUELLE :**

**XXI.COMPLICATIONS:**

**PARTIE CLINIQUE :**

**1. Motif d'hospitalisation :**

**2. Antécédents**

**3. Histoire de la maladie :**

**4. L'examen clinique d'entrée :**

**5. Conduite à tenir :**

**6. Bilan pré opératoire :**

**7. Déroulement de l'intervention :**

**8. L'implantation du nouveau cristallin :**

**9. Les suites opératoires :**

**1.9. Le traitement post-opératoire : après réanimation comportait une antibiothérapie.**

**2.9. Les résultats de l'intervention chirurgicale et interprétations :**

**3.9. Interprétation numérique des résultats :**

**4.9. Conduite à tenir des cas ayant présentées des complications**

**5.9 Conclusion**

**CONCLUSION**

**Bibliographie**

# ***INTRODUCTION :***

## **I.DÉFINITION DE L'OPHTALMOLOGIE :**

L'ophtalmologie est la branche de la médecine chargée du traitement des maladies de l'œil et de ses annexes. C'est une spécialité médico-chirurgicale. Le médecin spécialisé pratiquant l'ophtalmologie s'appelle l'ophtalmologiste.

## **II.HISTORIQUE :**

L'ophtalmologie, en raison de l'importance de l'œil dans la perception humaine et du rôle de l'œil dans l'esthétisme du visage, est une science très ancienne. Plusieurs techniques se sont développées dans de nombreux endroits du monde de façon indépendante : Chine, Japon, Amérique centrale, Europe, Égypte et Inde depuis l'Antiquité. Un des documents les plus anciens parlant d'ophtalmologie est le papyrus de Carlsberg. Il date, pour sa partie la plus ancienne, du 2<sup>e</sup> millénaire avant Jésus-Christ.

## **III.HISTOIRE DE L'OPHTALMOLOGIE**

L'ophtalmologie, en raison de l'importance de l'œil dans la perception humaine et du rôle de l'œil dans l'esthétisme du visage, est une science très ancienne. Plusieurs techniques se sont développées dans de nombreux endroits du monde de façon indépendante, Chine, Japon, Amérique centrale, Europe, Égypte et Inde depuis l'Antiquité.

Un des documents les plus anciens parlant d'ophtalmologie et d'obstétrique est le papyrus de Carlsberg. Il date, pour sa partie la plus ancienne du II<sup>e</sup> millénaire av. J.-C..

Marie Colinet, l'épouse de Wilhelm Fabricius Hildanus utilise pour la première fois un aimant pour extraire des fragments métalliques de l'œil<sup>2</sup>.

## **IV.OPHTALMOLOGISTES CÉLÈBRES :**

Joseph Forlenze (1757-1833)

Frédéric Jules Sichel (1802-1868)

Charles Deval (1806-1862)

Louis Auguste Desmarres (1810–1882)



Franciscus Cornelis Donders (1818-1889)

Louis de Wecker (Ludwig Wecker) (1832-1906)

Xavier Galezowski (1832-1907)

John Soelberg Wells (1834-1879)

Emile Javal (1839-1907)

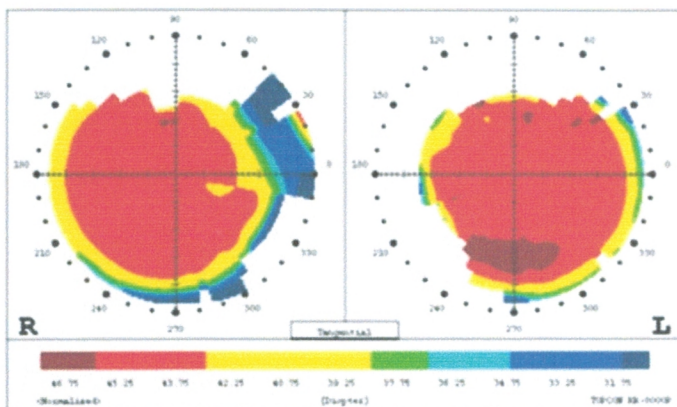
Henri Parinaud (1844-1905), considéré comme le père de l'Ophtalmologie française

José Rizal (1861-1896)

Govindappa Venkataswamy (1918-2006)

## V.EXAMEN OPHTALMOLOGIQUE :

Un examen ophtalmologique complet comprend l'interrogatoire du malade, et un examen physique



## Topographie cornéenne

### 1.Acuité visuelle:

L'acuité visuelle est le terme qui désigne la mesure de l'angle de résolution minimum.

L'acuité visuelle normale est de 10/10 à chaque œil.

On utilise des échelles de test pour réaliser des mesures subjectives de l'acuité visuelle. Par exemple :

**a.Echelle Monoyer** : test en vision de loin qui utilise des lettres de l'alphabet latin (vision à 3 et 5 m).

**b.Echelle Armaignac et échelle Landolt** : pour les illettrés (vision à 5 m), avec des figures géométriques.

**c.Echelle Pigassou** : avec des dessins, pour les enfants (vision à 2,5 m).

**d.Echelle Parinaud** : test en vision de près qui utilise des textes en langue française de taille décroissante, lus à une trentaine de centimètres des yeux.

**e.Echelle Rossano-Weiss** : test en vision de près qui utilise des images.

**f.Test d'Ishihara** : test de la vision des couleurs, et non pas d'acuité visuelle, qui utilise des dessins (chiffres, motifs) faits avec des taches de couleur. Ce test permet de déceler les dyschromatopies (défaut de vision des couleurs).

*La mesure de l'acuité visuelle s'effectue en pratique avec une étude de la vision de près et de loin, sans correction puis avec.*

## **2. Champ visuel:**

Il peut être estimé au doigt, et sera évalué au mieux à l'aide de méthodes instrumentales par campimétrie ou périmétrie.

## **3-Examen du segment antérieur**

Il est effectué à l'aide d'une lampe à fente ou biomicroscope, c'est un examen indolore et non invasif permettant d'étudier le segment antérieur et les annexes de l'œil. Il comporte aussi un examen de l'angle irido-cornéen (la gonioscopie)

## **4-Mesure du tonus oculaire**

Examen systématiquement effectué, il permet de dépister ou de suivre un glaucome (aigu ou chronique). La tension oculaire moyenne (c'est-à-dire la pression régnant dans l'œil) doit être comprise entre 9 et 21 mmHg, mais cette valeur doit être pondérée par celle de l'épaisseur cornéenne centrale (pachymétrie) et la résistance de la cornée (hystérésie).

## **5-Examen du segment postérieur**

C'est l'examen du fond d'œil, que l'on réalise après l'administration d'un collyre faisant dilater la pupille (ou sans dilatation). On visualise ainsi de façon directe ou indirecte (selon le matériel employé) la rétine et ses composants : papille (lieu de naissance du nerf optique), macula (zone de la rétine responsable de la vision précise), veines, artères, rétine périphérique, ainsi que le vitré.

## **VI.EXAMENS COMPLEMENTAIRES EN OPHTALMOLOGIE :**

### **1. Angiographie rétinienne :**

Est une technique qui est basée sur le même principe que l'angiographie de façon générale : elle utilise, pour visualiser la rétine et la choroïde (et plus particulièrement leur vascularisation), un produit fluorescent, la fluorescéine (fluorescéinate de sodium) ou parfois un autre produit : le vert d'indocyanine. Grâce à cet examen, il est possible d'effectuer une analyse précise des anomalies circulatoires et de la rétine. Avant l'injection, l'ophtalmologiste procède à un examen du fond d'œil et à la prise de différents clichés. Une fois l'injection effectuée, le colorant est transporté à travers le courant sanguin dans le réseau artériel et veineux de la rétine. Cet examen est un moyen irremplaçable pour connaître les anomalies des vaisseaux et secondairement celles de la rétine. Le bilan orthoptique, associé quelquefois au test de Lancaster qui est une méthode de dépistage et d'analyse des paralysies motrices de l'œil grâce à l'utilisation d'un écran mural comportant un quadrillage, des verres colorés et des taches lumineuses, juge du bon état musculaire des yeux.

### **2. Échographie oculaire**

**3. Radiographie de l'orbite** (dans le cas des pathologies traumatiques, ou de certaines tumeurs)

**4. L'IRM** ainsi que le scanner sont des examens classiques parfois utile pour approfondir l'exploration de l'œil.

**5. Électrorétinogramme** : les potentiels évoqués et l'électro-oculographie permettent de mettre en évidence un fonctionnement normal ou pathologique des yeux.

### **6. Électro-oculogramme**

### **7. Potentiels évoqués visuels**



**8. OCT (tomographie à cohérence optique) :** technologie mise au point par le MIT dans les années 1990 et développé et diffusé dans les applications cliniques surtout au début des années 2000, cet examen permet de reconstituer informatiquement des coupes microscopiques de la rétine. Ses deux indications principales sont l'étude des atteintes de la macula et le dépistage et la surveillance des glaucomes en permettant la mesure du capital de fibres optiques résiduelles chez un individu (capital qui décroît naturellement avec l'âge mais qui décroît à grande vitesse chez les personnes atteintes d'un glaucome)

**9. Microscopie spéculaire :** cet examen permet de mesurer le capital des cellules endothéliales cornéennes (ces cellules, non renouvelables, tapissent la face postérieure ou interne de la cornée à laquelle elles assurent une transparence normale en réglant l'hydratation de la cornée)

**10. ORA (hystérise)**

**11. Topographie cornéenne :** analyse informatique de la surface cornéenne, elle réalise de véritables courbes de niveau de la surface ou de la face postérieure de la cornée : son utilisation est indiquée dans certaines affections de la cornée, dans l'adaptation de lentilles de contact et dans la chirurgie réfractive).

**12. Pachymétrie cornéenne**

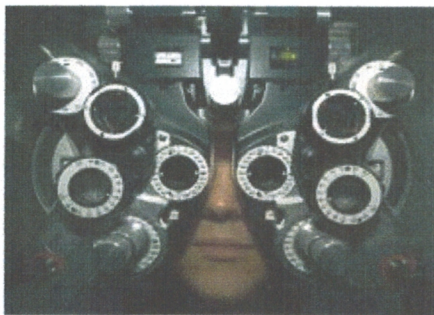
**13. Biométrie**

**14. GDX (polarimétrie laser des fibres optiques)**

**15. La radiographie des voies lacrymales :** après injection d'un produit de contraste qui met en évidence ces canaux, s'appelle une dacryocystorhinographie.

**16. Le verre à trois miroirs** est un petit instrument qui contient un verre employé pour examiner le fond de l'œil. Après l'instillation, dans le globe oculaire, d'une ou deux gouttes de collyre anesthésique (destiné à faire disparaître les sensations douloureuses) le médecin ophtalmologiste pose directement sur la cornée (à son contact) le verre à trois miroirs qu'il fait ensuite tourner lentement, ce qui lui permet d'observer toutes les parties de la rétine. Cet examen, qui est indolore, dure entre deux minutes 30 et trois minutes 30. Il permet d'obtenir des résultats précis et complémentaires de ceux du fond d'œil (en vision directe) qui se fait à l'aide de l'ophtalmoscope.

## VII. APPAREILS DE MESURE :



### Réfracteur

1. Réfracteur : simulateur de lunettes pour la mesure subjective de la réfraction.
2. Tonomètre : mesure de la pression de l'œil.
3. Pachymètre : mesure de l'épaisseur cornéenne.
4. Frontofocomètre : mesure de puissance des verres correcteurs.
5. Kératomètre : mesure du rayon de courbure de la cornée.
6. Autoréfractomètre : mesure objective de la réfraction.

## *L'ŒIL :*

### I. DEFINITION :

L'œil est l'organe de forme sphérique permettant la vision, sens qui permet à un être vivant de capter la lumière pour ensuite l'analyser et interagir avec son environnement.

L'œil est situé dans l'orbite (orifice se trouvant à la face avant du crâne).

### II. ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE OCULAIRE :

L'œil est formé de 3 enveloppes : la sclère-cornée, l'uvée, et la rétine (de dehors en dedans).

#### 1. Composition de l'œil

##### 1.1. Segment antérieur

**1.1.1. La cornée:** partie antérieure du globe oculaire, est une lentille transparente dont le rôle est de capter et de focaliser la lumière sur la rétine. Elle est constituée, d'avant en arrière, de l'épithélium, de la membrane de Bowman, du stroma, de la membrane de Descemet et enfin de l'endothélium. Son diamètre moyen est de 12 mm.

**2.1.1. L'uvéé :** composée de l'iris, muscle délimitant la pupille zone "virtuelle" située au centre de l'iris, et permettant la modification de la luminosité entrante, de la choroïde et du corps ciliaire ;

**3.1.1. Le cristallin:** lentille biologique servant à l'accommodation (« mise au point » sur l'objet à visualiser permettant d'obtenir d'un point objet un point image focal sur la rétine) est relié au corps ciliaire par l'intermédiaire de la zonule de Zinn; C'est cette lentille qui, en s'opacifiant, occasionne la cataracte.

**4.1.1. L'humeur aqueuse:** liquide située entre la face postérieure de la cornée en avant et le cristallin en arrière. Elle est sécrétée par le corps ciliaire.

## **2.1. Segment postérieur**

**1.2.1. La rétine:** membrane regroupant des cellules nerveuses photoréceptrices appelées cônes ou des bâtonnets, servant à la transformation de l'onde lumineuse en impulsions électriques, pour traitement des images par le système nerveux ;

**2.2.1. La choroïde:** membrane nourricière de la rétine et véritable « éponge vasculaire » qui tapisse la face interne de la sclère.

**3.2.1. Le corps vitré:** sorte de gel qui remplit la cavité située en arrière du cristallin et en avant de la rétine

## **2. ANNEXES DE L'OEIL :**

Au nombre de quatre :

**1.2. L'orbite:** cavité osseuse, recouverte d'une membrane fibro-élastique (la périorbite) qui a un rôle de protection.

**2.2. Les muscles oculomoteurs,** rôle de déplacement. Au nombre de 6 chez l'humain.

**1.2.2 muscles droits:** droit supérieur, droit inférieur, droit interne (ou médial) et droit externe (ou latéral).



**2.2.2 muscles obliques:** grand oblique (ou oblique supérieur) et petit oblique (ou oblique inférieur).

**3.2. La paupière:** membrane permettant une isolation plus ou moins importante du rayonnement électromagnétique, l'étalement du film de larmes et la protection de la cornée.

**4.2. La glande lacrymale:** située en haut et en dehors, elle secrète 40 % de nos larmes, le reste étant sécrété par des glandes accessoires.

### III. ORIGINE ET EVOLUTION DE L'ŒIL :

La diversité des organismes et des types de vision est, comme le soulignait déjà Charles Darwin dans L'Origine des espèces, un défi intellectuel pour les partisans de l'évolution. Pour cette raison, l'évolution de l'œil a longtemps été un sujet de controverse entre les partisans de l'évolution et les créationnistes, ces derniers considérant l'œil comme trop parfait pour avoir évolué selon les mécanismes proposés par la théorie de l'évolution[réf. nécessaire].

Il existe de nombreux points communs dans le fonctionnement des yeux des diverses espèces, par exemple dans la manière dont les stimuli visuels sont transmis des récepteurs au système nerveux central. Ces similitudes sont très nombreuses chez les amniotes. L'œil ancestral de ces animaux dériverait d'espèces de l'ordre des Captorhinidae disparus il y a 300 millions d'années.

On a longtemps pensé que les différentes formes d'yeux s'étaient développées d'une façon indépendante à partir d'espèces d'origines diverses (on parle de développement para phylétique). Cependant la découverte de l'existence du gène Pax6, conservé dans tout le règne animal et contrôlant le développement des yeux, a récemment remis en cause cette idée, suggérant une monophylie de l'œil. On considère aujourd'hui qu'un œil primitif composé de quelques cellules s'est développé de manière unique dans le règne animal, et se serait ensuite diversifié au cours du Cambrien pour former au moins 40 fois indépendamment des structures capables de former des images<sup>6</sup>.

## **IV.CARACTERISTIQUES OPTIQUES DE L'OEIL**

Les yeux peuvent être plus ou moins performants et ont tous des caractéristiques propres. Les différents yeux du monde animal ont des caractéristiques optiques très différentes, souvent liées au mode de vie de l'animal. L'œil humain peut différencier près de 8 millions de nuances dans les couleurs.

### **1. Sensibilité**

La sensibilité de l'œil est la quantité minimale de lumière qu'il est capable de percevoir. La sensibilité dépend essentiellement de la taille de l'œil, mais aussi de sa géométrie et notamment de la présence d'autres structures ombrageantes diminuant la quantité de lumière incidente. De plus, la sensibilité de l'œil est souvent modulable par l'animal, par exemple par la présence d'un diaphragme chez les mammifères modifiant la quantité de lumière admise.

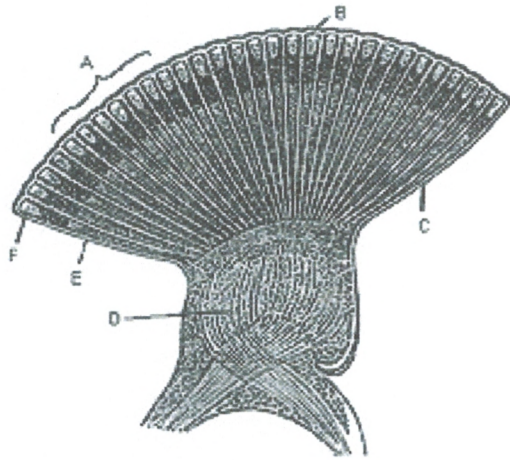
### **2. Résolution**

La résolution est la plus petite différence d'angle perceptible entre deux rayons incidents. Elle correspond donc à la précision de l'image que l'œil est capable de former, et à la quantité de détail que l'œil sera capable de percevoir. Elle dépend du type de système optique permettant de former l'image et de sa performance. Elle est notamment limitée par le phénomène de diffraction de la lumière dans le cas des images formées par réfraction. Elle dépend aussi du nombre de photorécepteurs : la résolution est égale à l'angle qui sépare le centre de deux récepteurs adjacents. Cependant, on observe que c'est rarement la densité de photorécepteurs qui est limitante, mais plus souvent le système optique utilisé. Ceci montre une adaptation très fine du nombre de photorécepteurs au système optique, permettant de limiter au maximum la perte de résolution. Enfin, la résolution n'est souvent pas la même sur l'ensemble de la rétine, et les parties périphériques bénéficient souvent d'une résolution plus faible que le centre de la rétine.

## **V.FORMATION DE L'IMAGE :**

Tout mécanisme formant une image doit être capable de percevoir les différences d'intensité entre les différentes directions d'incidence de la lumière. L'œil doit donc être capable de détecter la lumière, détecter sa direction, et établir une relation hiérarchique entre les signaux provenant des différentes directions.





*-Coupe transversale d'un œil composé de libellule-*

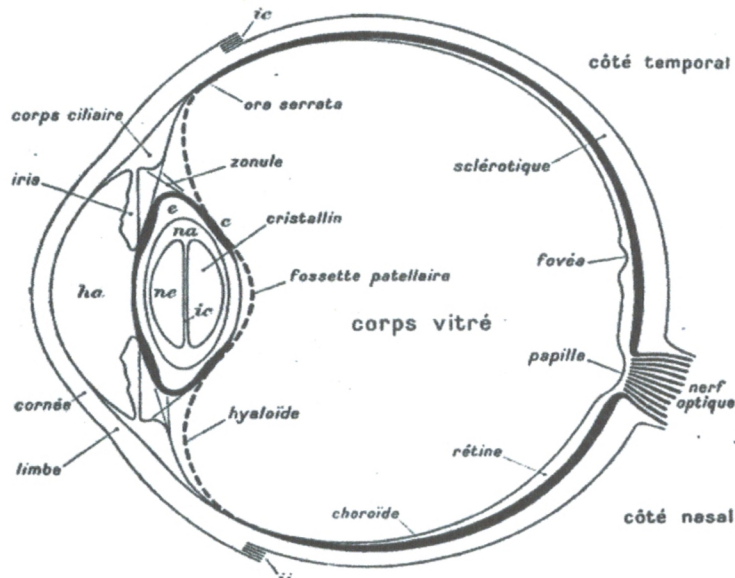
La perception de la lumière dans l'œil se fait grâce à des pigments, composés de deux parties liées covalamment : une partie protéique, l'opsine et une partie lipidique dérivée de la vitamine A, le chromophore. Le pigment est disposé dans la membrane des cellules photoréceptrices, et est constituée de 7 hélices transmembranaires disposées en cercle dans la membrane autour du chromophore. C'est l'absorption d'un photon par le chromophore, permettant le passage de la configuration *11-cis* du chromophore à une configuration all-trans, qui permet la sensibilité à la lumière. Une fois le pigment excité, l'opsine permet l'activation d'une protéine G via une de ses boucles cytoplasmiques, ce qui déclenche ensuite la réponse cellulaire.

La perception de la direction nécessite de concentrer les rayons lumineux provenant d'une même direction de l'espace sur un faible nombre de photorécepteurs de la rétine, lesquels doivent être regroupés spatialement. Il existe de nombreuses manières de regrouper les rayons lumineux d'une même direction dans le monde animal, apparues indépendamment au cours de l'évolution. On peut cependant diviser les différentes méthodes en trois grandes stratégies: les rayons lumineux ne provenant pas de la bonne direction sont éliminés par ombrage d'une autre structure de l'œil sur la rétine, les rayons d'une même direction sont incurvés et orientés vers un même point de la rétine par réfraction, ou les rayons sont dirigés sur les photorécepteurs par réflexion sur un miroir concave disposé derrière la rétine. Ainsi, chaque photorécepteur ou groupe de photorécepteurs détecte la lumière provenant d'une seule direction.

## VI.OPTIQUE DE L'OEIL :

### 1 .Description de l'œil humain

A titre de rappel, voici une coupe horizontale schématique de l'œil:(Extrait de Optique Physiologique tome 1 Y. Le GRAND Ed. Masson)



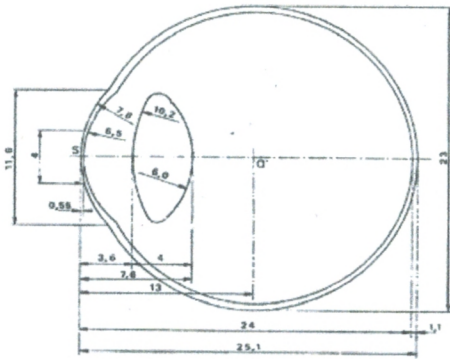
*-Coupe horizontale schématique de l'œil-*

### 2 .L'œil théorique

Dans environ trois cas sur quatre, avec une approximation acceptable, l'œil est stigmatique. Il se comporte dans ces cas comme un système centré. Pour étudier l'optique de cet œil, les chercheurs ont été amenés à définir un modèle théorique de l'œil. Nous choisirons dans notre étude le modèle d'œil théorique de Y Le Grand. C'est un œil formé de dioptries sphériques centrés sur un même axe. Le cristallin réel inhomogène est remplacé par un cristallin théorique homogène, de géométrie identique et d'indice tel que sa vergence soit la même. Cet œil théorique est un **œil normal**: la proximité du conjugué de la rétine est égale à 0,5 d environ (vérification que vous pourrez faire à partir des caractéristiques de l'œil théorique).

Les caractéristiques géométriques de cet œil figurent sur le schéma suivant (cotes en mm). Q' est le centre de rotation de l'œil sur lequel nous reviendrons.





La pupille est pratiquement tangente à la face antérieure du cristallin (la distance iris - cristallin étant de l'ordre de 0,04 mm).

Les indices des milieux transparents retenus sont:

- pour la cornée: ..... 1,377
- pour l'humeur aqueuse:..... 1,337
- pour le cristallin théorique:..... 1,42
- pour le corps vitré:..... 1,336

### 3 .Caractéristiques optiques de l'œil théorique

Pour calculer les éléments cardinaux de l'œil théorique, il suffit d'associer les différents dioptries qui sont supposés sphériques. On trouve la puissance de l'œil théorique: 60d , la position des points principaux et des foyers. On pourra aussi calculer la position des pupilles d'entrée et de sortie ainsi que le grandissement aux pupilles (rapport entre le diamètre de la pupille de sortie et le diamètre de la pupille d'entrée) qui vaut 0,92. Les résultats figurent sur le schéma qui suit.

Ce modèle: l'œil théorique qui permet d'appliquer à l'œil les lois de l'optique est-il justifié? Comme nous l'avons signalé, dans trois cas sur quatre, l'œil peut être considéré comme un système centré. Si nous regardons chacun des dioptries le constituant, ce n'est en général plus le cas et leurs axes ne sont pas rigoureusement confondus. Cette contradiction apparente tient au fait que lors du développement de l'œil, les défauts de l'ensemble se compensent approximativement.

Lors de la vision distincte, l'œil utilise la fovéa et si la pupille n'a pas un diamètre important, nous admettrons l'approximation para axiale.

L'œil réel a des qualités optiques limitées mais n'oublions pas qu'il a pour but de former sur la rétine une image de qualité suffisante pour que le cerveau puisse décoder les messages issus des récepteurs rétiniens. N'oublions jamais que l'image rétinienne n'est pas destinée à être vue mais permet au cerveau de percevoir le monde extérieur dans l'espace de manière à ce que chaque objet soit vu à sa place.

Pour calculer les éléments cardinaux de l'œil théorique, il suffit d'associer les différents dioptries qui sont supposés sphériques à l'aide des formules de Gullstrand.

## 1 Puissance de l'œil et points principaux

On peut associer les deux dioptries cornéens pour déterminer les éléments cardinaux de ce système centré, faire de même pour le cristallin et ensuite associer ces deux systèmes centrés. Le système centré obtenu modélisera les propriétés optiques de l'œil.

### 1.1 La cornée:

Comme il a été vu en optique géométrique, les plans principaux objet et image d'un dioptrie sont confondus avec son sommet. La puissance  $D$  d'un dioptrie sphérique est donnée par la relation:

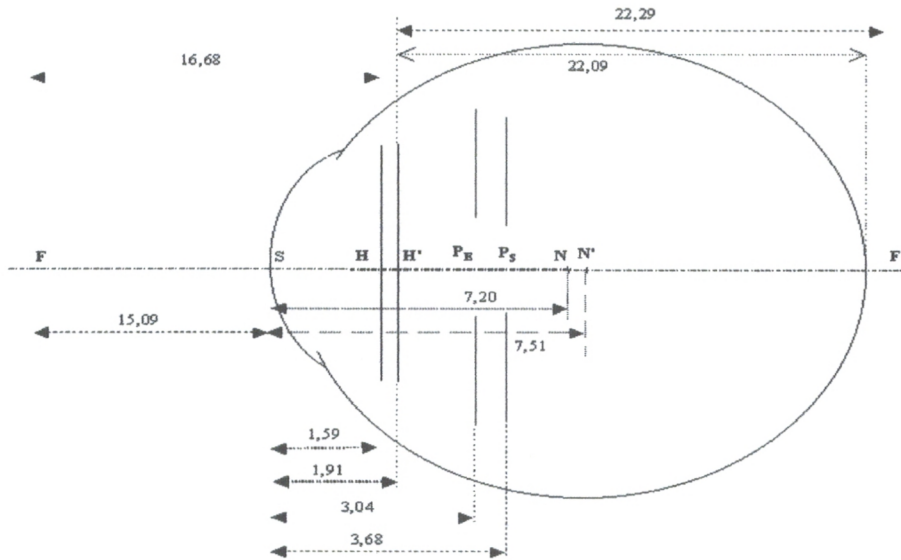
$$D = \frac{n' - n}{R}$$

où  $n'$  est l'indice du milieu image,  $n$  celui du milieu objet et  $R$  le rayon du dioptrie.

Dioptries cornéens:  $D_A$  puissance de la face antérieure,  $D_P$  de la face postérieure.

$$D_A = \frac{1,377 - 1}{7,8} = 48,35 \text{ } \delta \qquad D_P = \frac{-1,377 + 1,3374}{6,5 \cdot 10^{-3}} = -6,11 \text{ } \delta$$

Appliquons les formules de Gullstrand pour trouver la puissance et la position des points principaux du système centré représentant la cornée:



$$D_c = D_A + D_p - \frac{\overline{H'_A H_p}}{n_c} \times D_A \times D_p = 48,35 - 6,11 - \frac{0,55 \cdot 10^{-3}}{1,377} \times 48,35 \times -6,11 = 42,36 \text{ d}$$

$$\overline{H_A H_c} = 1 \times \frac{\overline{H'_A H_p}}{n_c} \times \frac{D_p}{D_c} = \frac{0,55 \cdot 10^{-3}}{1,377} \times \frac{-6,11}{42,36} = -0,06 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\overline{H'_p H'_c} = -n_H \times \frac{\overline{H'_A H_p}}{n_c} \times \frac{D_A}{D_c} = -1,337 \times \frac{0,55 \cdot 10^{-3}}{1,377} \times \frac{48,35}{42,36} = -0,61 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\overline{SH_c} = -0,06 \text{ mm}$$

$$\overline{SH'_c} = -0,06 \text{ mm}$$

La cornée étant très mince, on constate que le plan principal objet et le plan principal image sont confondus.

## 1.2 Le cristallin:

En reprenant la même méthode, on trouve pour le cristallin:

$$D_{CR} = 21,78 \text{ d } SH_{CR} = 6,02 \text{ mm et } SH'_{CR} = 6,20 \text{ mm.}$$

## 1.3 Œil:

$$D_0 = 59,94 \text{ d } SH = 1,59 \text{ mm } SH' = 1,91 \text{ mm.}$$

$$\overline{HF} = -\frac{1}{D_0} = -16,68 \text{ mm}$$

$$\overline{SF} = -15,09 \text{ mm}$$

$$\overline{H'F'} = \frac{1,336}{D_0} = 22,29 \text{ mm}$$

$$\overline{SF'} = 24,20 \text{ mm}$$

La rétine de l'œil théorique se trouvant 24 mm derrière son sommet S, on constate que l'œil théorique est légèrement hyperope puisque l'image d'un point objet situé à l'infini se forme sur le foyer F' situé 0,2 mm derrière la rétine.

On peut aussi déterminer la position des points nodaux en se souvenant des relations vues en optique géométrique:

$$\overline{FN} = \overline{H'F'} \quad \Rightarrow \quad \overline{SN} = \overline{SF'} + \overline{FN} \quad \Rightarrow \quad \overline{SN} = 7,20 \text{ mm}$$

$$\overline{F'N'} = \overline{HF} \quad \Rightarrow \quad \overline{SN'} = \overline{SF'} + \overline{F'N'} \quad \Rightarrow \quad \overline{SN'} = 7,51 \text{ mm}$$

### 2.3. Pupilles de l'œil

Le faisceau issu d'un point objet qui pénètre dans l'œil pour former l'image rétinienne est limitée par la pupille vraie de l'œil, tangente à la face avant du cristallin. Avant de passer à travers ce diaphragme réel, les rayons du faisceau ont été déviés par les deux dioptries cornéens qui le précèdent et après sa traversée, ils seront déviés par les deux dioptries du cristallin.

Tout se passe donc comme:

Si le faisceau incident était limité par une pupille dite pupille d'entrée qui serait le conjugué objet de la pupille réelle à travers la cornée

Si le faisceau image (après la sortie du cristallin) était limité par la pupille de sortie conjugué image de la pupille de l'œil.

Le calcul de la position et de la taille de ces pupilles nous permet de nous affranchir de l'étude de la marche des rayons lumineux à l'intérieur du système centré œil. Nous noterons  $P_E$  le centre de la pupille d'entrée,  $P$  celui de la pupille et  $P_S$  celui de la pupille de sortie et  $F_{PE}$ ,  $F_P$ ,  $F_{PS}$  leurs diamètres respectifs.

$$P_E \xrightarrow{\text{cornée}} P \quad -\frac{1}{H_c P_E} + \frac{1,3774}{H'_c P} = D_c \quad \Rightarrow \quad \overline{H_c P_E} = 3,10 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad \overline{SP_E} = 3,04 \text{ mm}$$

$$P \xrightarrow{\text{cristallin}} P_S \quad -\frac{1,3374}{H_{CR} P} + \frac{1,336}{H'_{CR} P_S} = D_{CR} \quad \Rightarrow \quad \overline{H'_{CR} P_S} = -2,52 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad \overline{SP_S} = 3,68 \text{ mm}$$

$$\frac{\Phi_P}{\Phi_{PE}} = \frac{1 \times \overline{H'_c P}}{1,3374 \times \overline{H_c P_E}} = 0,87 \quad \frac{\Phi_{PS}}{\Phi_P} = \frac{1,3374 \times \overline{H'_{CR} P_S}}{1,336 \times \overline{H_{CR} P}} = 1,04$$

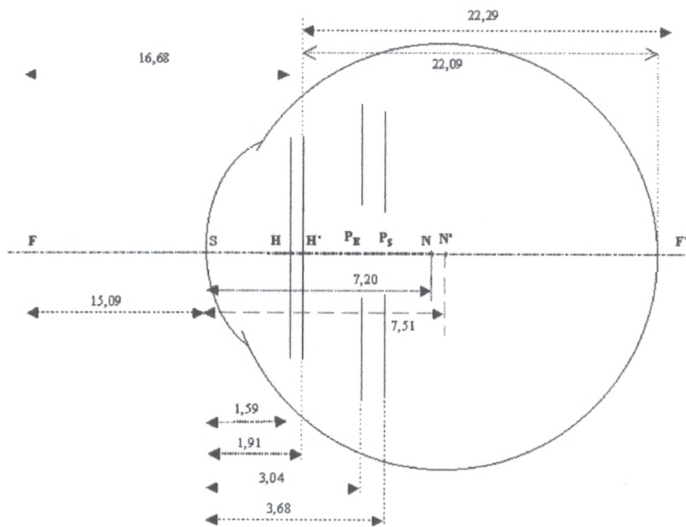
$$P_E \xrightarrow{\text{oeil}} P_S \quad \frac{\Phi_{PS}}{\Phi_{PE}} = 0,92$$

La

pupille d'entrée et la pupille de sortie sont donc conjuguées à travers le système optique œil et nous avons calculé le grandissement aux pupilles qui est égal à 0,92 pour l'œil théorique de Legrand.



Les résultats figurent sur le schéma qui suit (échelle non respectée).



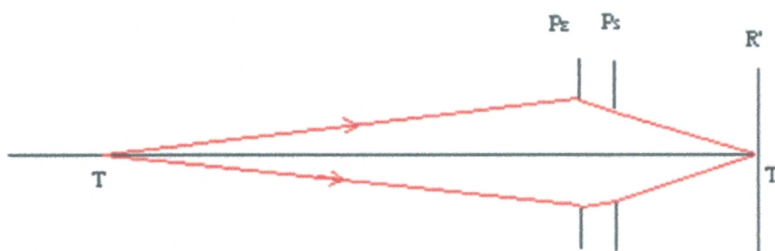
#### 4. Accommodation

Le système visuel a la faculté d'augmenter la vergence de l'œil par variation de celle du cristallin en commandant la contraction des muscles ciliaires. C'est le phénomène de l'accommodation. Cette déformation du cristallin entraîne un léger déplacement de la position des points cardinaux de l'œil que l'on néglige dans tous les calculs. Elle s'accompagne d'une contraction de la pupille. La fonction accommodative a pour rôle de tenter d'obtenir une image nette du point fixé sur la fovéa.

### VII. L'IMAGE RETINIENNE :

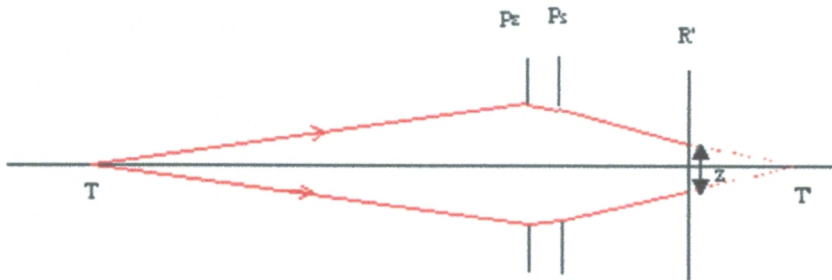
#### 1. Image nette, image floue

Si, grâce à la fonction accommodative, le système visuel a pu ajuster la puissance de l'œil pour que le point objet fixé T et la fovéa soient conjugués, l'image rétinienne T' de T est nette.



Si le point objet se trouve dans une position telle que la fonction accommodative ne puisse ajuster la vergence du cristallin pour que la focalisation du faisceau se fasse sur la fovéa,

l'image rétinienne du point T sera floue. On parlera de la **pseudo-image**  $T_1$  de T qui sera un cercle (**le cercle de diffusion**) dont le diamètre est fonction de l'ouverture du faisceau issu de T donc du diamètre de la pupille.



Les points T et T' sont conjugués par rapport à l'œil:

$$\frac{n'}{\overline{H'T'}} = \frac{1}{\overline{HT}} + D_{\text{oeil}}$$

Le diamètre z du cercle de diffusion de T est donc égal à:

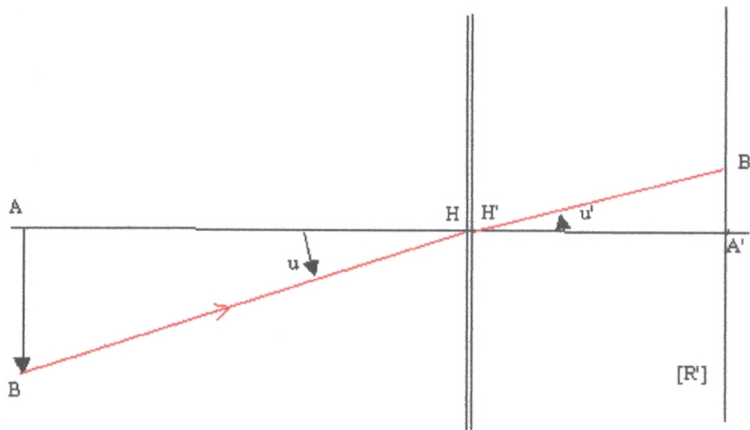
$$z = \Phi_{P_s} \cdot \frac{T'R'}{T'P_s}$$

On remarque donc que si l'on réduit le diamètre de la pupille, le diamètre de la tache de diffusion va diminuer, la pseudo-image rétinienne sera plus nette. Une application pratique de cette propriété est le trou sténopéïque (sténopé) qui réduisant artificiellement la pupille d'entrée permet une amélioration de la netteté de la pseudo-image.

## 2. Calcul de l'image rétinienne

La connaissance de la taille de l'image rétinienne pour un œil n'a d'intérêt que pour pouvoir expliquer un certain nombre de problèmes pouvant surgir dans certains cas de compensation d'amétropies. Le calcul de la taille de l'image rétinienne va nous permettre de comprendre le fonctionnement de l'œil dans certaines situations. En vision normale, nous utilisons les deux yeux et seule la comparaison de la taille des deux images rétiniennes aura une importance pratique.

L'image rétinienne est nette:



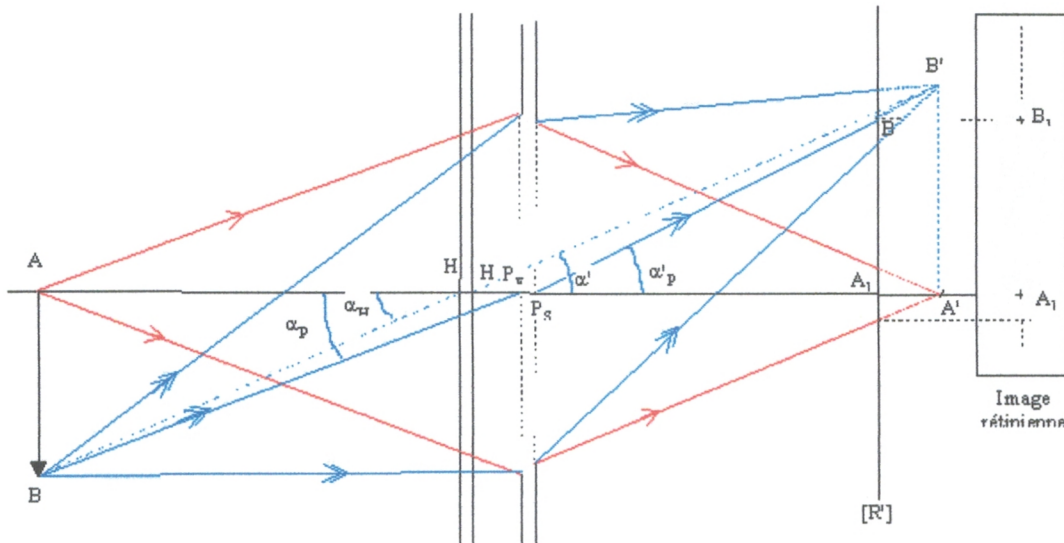
En écrivant la relation de Lagrange Helmholtz aux plans principaux ( $n'$  étant l'indice du vitré):

$$u \times l = u' \times n'$$

$$A'B' = y' = u' \times \frac{H'R'}{n'} = \frac{u}{R'}$$

$R'$ : proximité rétinienne.

L'image rétinienne est floue:



$A_1$  et  $B_1$  sont les centres des cercles de diffusion correspondants aux faisceaux issus du point A et du point B. Ils sont déterminés par l'intersection du rayon moyen du faisceau image avec la rétine. La grandeur de la pseudo image sera  $y' = A_1B_1$ .

Les diamètres apparents de l'objet AB depuis le centre de la pupille d'entrée  $a_P$  et depuis le point principal image  $a_H$  sont très peu différents et en pratique, on pourra écrire que:

$$y' = \alpha'_P \cdot P_S R' \approx \alpha'_H \cdot H' R'$$

En écrivant la relation de Lagrange Helmholtz aux plans principaux ( $n'$  étant l'indice du vitré):

$$\alpha_H \cdot l = \alpha'_H \cdot n'$$

$$y' \approx \alpha_H \cdot \frac{H' R'}{n'} = \frac{\alpha_H}{R'} \quad R': \text{proximité rétinienne.}$$

## IX. L'acuité visuelle

### 1. Définition

L'acuité visuelle peut être définie de nombreuses façons selon la fonction que l'on veut étudier. Nous allons rappeler celle utilisée en optométrie. Elle est déterminée à partir de la reconnaissance par le sujet d'optotypes (en général des lettres d'imprimerie de forme normalisée). Il faut remarquer que lors de l'examen de vue, on s'intéresse à l'acuité fovéale. En vision de loin, l'acuité  $V_L$  est égale à:

$$V_L = \frac{5}{\alpha \text{ (en minutes)}}$$

$\alpha$  étant l'angle sous lequel est vu l'optotype. Il existe de nombreuses échelles d'optotypes (décimale, rationnelle, angulaire, exponentielle).

Pour la vision de près, pour tenir compte du myosis et du déplacement des plans principaux lié à l'accommodation, la constante de 5' est remplacée par 4 à 4,5' pour obtenir des résultats identiques à ceux de la vision de loin. Il faut remarquer que lorsqu'on utilise un test du Docteur Parinaud on fait lire un texte et non des lettres séparées et on mesure davantage une capacité lexicale du sujet (un mot peut être lu même si plusieurs lettres ne sont pas reconnues). Une discussion très intéressante de ces problèmes se trouve dans l'ouvrage de C. Darras "Eléments et réflexions d'optique physiologique".

Cette mesure de l'acuité va dépendre de l'observateur. Si nous admettons que celui-ci dans les conditions de l'expérience a pu obtenir une image rétinienne nette, nous mesurons son



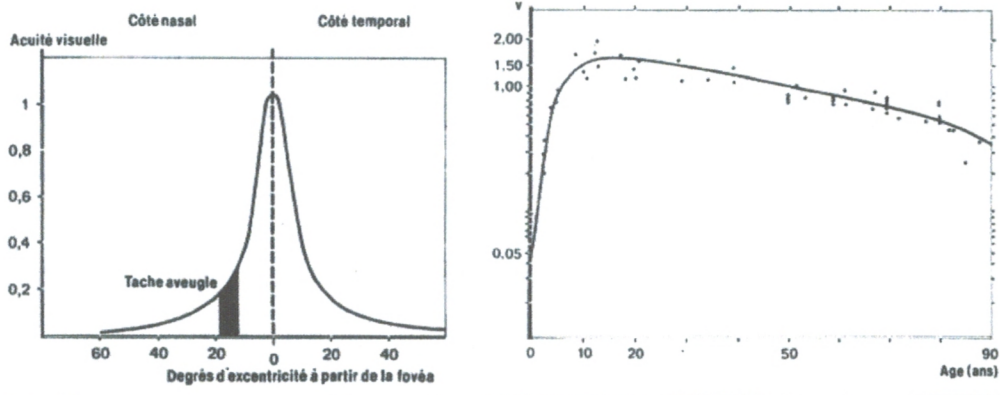
acuité maximale dans les conditions de l'expérience. Dans le cas contraire, l'image étant floue, la reconnaissance des petits caractères deviendra impossible.

Si nous nous intéressons à l'acuité maximale mesurée, celle-ci est fonction:

- de l'observateur: qualité de la transparence des milieux, des récepteurs rétiniens et des voies visuelles. En vision binoculaire, il faut ajouter la qualité de l'alignement des deux yeux vers le point de fixation. Elle a tendance à diminuer avec l'âge.

- des conditions expérimentales: éclairage des optotypes, contraste, couleur.....

Si l'on cherche à mesurer l'acuité visuelle dans des conditions photopiques en dehors de la fovéa, on constate qu'elle varie très rapidement (comparer avec la densité des photorécepteurs dans la rétine).

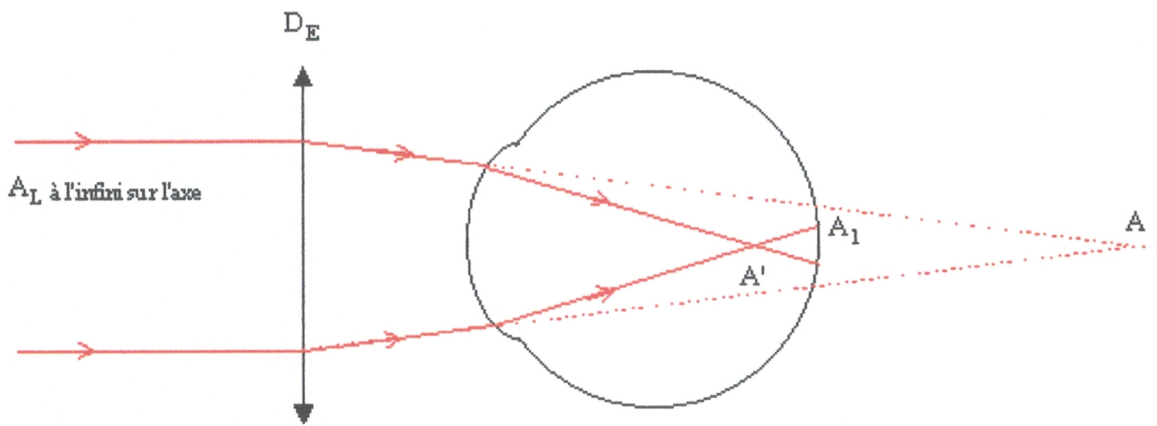


Variation de l'acuité visuelle photopique sur le méridien H Variation avec l'âge de l'acuité visuelle.

## 2. Courbe d'acuité d'un œil sphérique

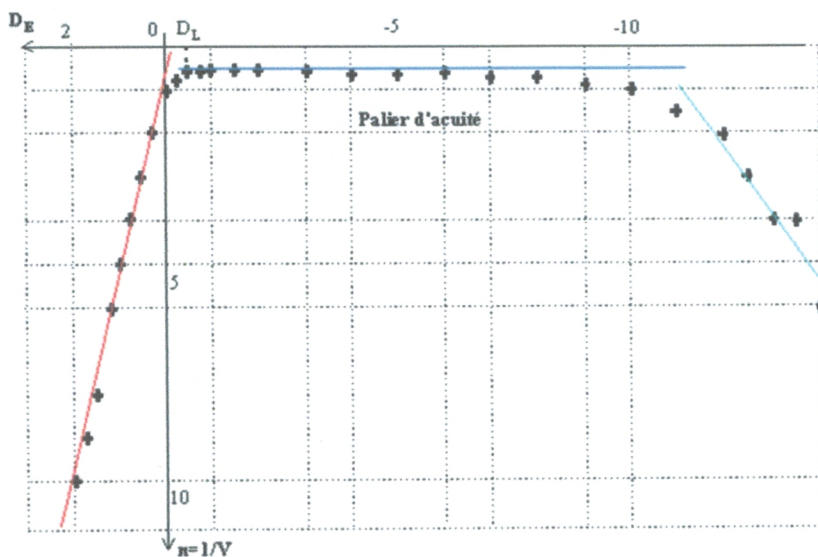
On place devant un œil sphérique le verre le plus convexe lui donnant une acuité de 1/10. On diminue ensuite la vergence du verre placé devant l'œil en notant pour chaque vergence  $D_E$ , l'acuité correspondant à la plus petite ligne d'optotype reconnue par le patient.

Si nous considérons un point  $A_L$  de l'optotype, le verre  $D_E$  en donne une image  $A$  qui est vue par l'œil. La focalisation du faisceau se fait en  $A'$  et l'image rétinienne  $A_1$  est floue. Le point  $A_L$  est vu sous la forme d'une tache circulaire.



Si on diminue la vergence du verre d'essai, l'image  $A$  va s'éloigner et  $A'$  se rapprocher de la rétine. Le cercle de diffusion va voir son diamètre diminuer et l'on doit s'attendre à voir le sujet lire des lignes d'optotypes correspondant à une acuité plus élevée.

Quand  $A'$  se trouve sur la rétine (verre  $D_E = D_L$ ), on mesure alors l'acuité morphoscopique du patient dans les conditions du test. Si on diminue encore  $D_E$ , l'œil va accommoder pour maintenir l'image nette sur la rétine. L'amplitude d'accommodation étant limitée, quand elle est atteinte, si on continue à diminuer  $D_E$ ,  $A'$  va passer derrière la rétine et l'image rétinienne de  $A_L$  va de nouveau être floue. Le sujet ne va plus reconnaître des lignes d'acuité aussi grande.



-Courbe d'acuité d'un élève de 20 ans-

Sur la courbe d'acuité relevée, on retrouve bien les trois phases:

- première phase: Après avoir brouillé la vision du sujet, on le "débrouille". Il lit des optotypes d'acuité croissante. On remarque que l'acuité maximale est obtenue avec un verre de vergence  $D_L$  inférieure de 0,50 d à celle du verre donnant l'acuité de 10/10.  $D_L$  est appelée la sphère de début de palier.

- deuxième phase: le palier d'accommodation. L'acuité reste sensiblement constante, le sujet accommode de plus en plus.

- troisième phase: l'acuité mesurée décroît, les points représentatifs sont en général assez dispersés, le sujet ayant des difficultés à maintenir son accommodation maximale.

En brouillant la vision du sujet, puis en le débrouillant, on peut trouver la sphère  $D_L$  nécessaire pour que l'image du point  $A_L$  situé à l'infini se forme sur la rétine, l'œil n'accommodant pas. Nous reviendrons sur cette méthode permettant de déterminer la réfraction de l'œil.

### 3. Critère de lisibilité et règle de Swaine

Quand l'image n'est plus au point sur la rétine, l'acuité mesurée est inférieure à l'acuité morphoscopique du sujet. Swaine a constaté *qu'une lettre, en moyenne, cesse d'être reconnue lorsque le diamètre du cercle de diffusion d'un de ses points dépasse la moitié de la hauteur de la pseudo image rétinienne.*

Cette constatation conduit à la règle de Swaine appliquée en optométrie. *Un sujet amétrope sphérique ayant la vision brouillée par une addition positive  $D$  lira la ligne d'optotypes correspondant à l'acuité  $V$  telle que*

$$V = \frac{1}{4 \times \Delta}$$

Application à l'examen de vue :

- Cas d'un myope : En vision monoculaire brute, un sujet a une acuité de 3/10 en vision de loin et au près, il lit sans difficulté le Parinaud 2 à 50 cm. Il s'agit donc d'un œil myope puisque son acuité VP est meilleure que son acuité VL. Il ne porte rien devant



l'œil on peut donc qu'il est brouillé par une sphère positive D telle que  $D_L + D = \text{plan}$ .  
A l'aide de la règle de Swaine, on détermine :

$$\Delta = \frac{1}{4 \times 0,3} \approx 0,75 \delta \quad \text{donc} \quad D_L = -0,75\delta$$

Il est donc possible à partir des relevés d'acuité de l'examen préliminaire de faire une hypothèse de myopie pour ce sujet.

- Cas d'un hypermétrope : En vision monoculaire brute, un sujet jeune a une acuité en vision de loin de 12/10. En vision de près, il lit sans problème le Parinaud 2 à 50cm. Ses acuités en vision de loin et en vision de près étant identiques, cet œil est emmétrope ou hypérope. Pour le savoir, on place devant l'œil un verre de 3 d . L'acuité VL de l'œil muni de ce verre n'est plus que de 2/10. Il se trouve donc en situation myopique d'une quantité D que l'on peut estimer par la règle de Swaine.

$$\Delta = \frac{1}{4 \times 0,2} = 1,25\delta$$

- l'œil est donc hypérope de 1,75 d (le verre de 3d compense l'hypéropie de 1,75 d et brouille le sujet de 1,25 d .)

## IX. Emmetropie et ametropie

### 1 . Rappel de définitions

**Punctum remotum**: conjugué, par rapport à l'œil non accommodé, du point de la rétine situé sur l'axe.

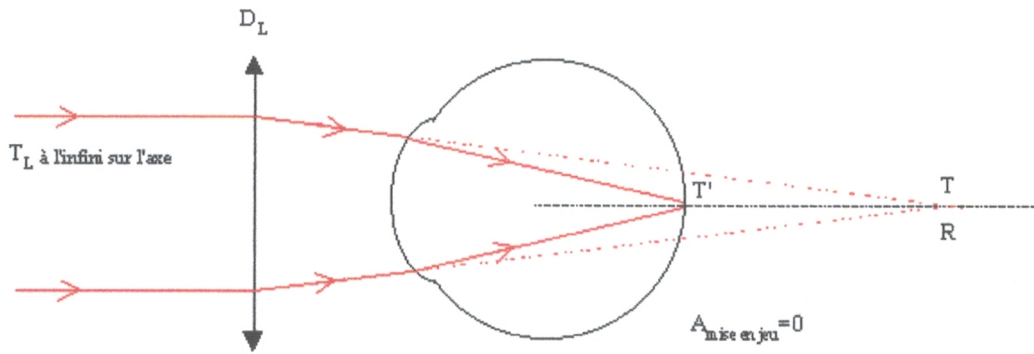
**Punctum proximum**: conjugué, par rapport à l'œil accommodé au maximum, du point de la rétine situé sur l'axe.

**Réfraction axiale principale** (réfraction): proximité du remotum comptée à partir du plan principal objet de l'œil.

Si nous revenons sur l'expérience permettant la détermination de la courbe d'acuité, le punctum remotum R est le foyer image du verre de puissance  $D_L$ .

Si nous revenons sur l'expérience permettant la détermination de la courbe d'acuité, le punctum remotum R est le foyer image du verre de puissance  $D_L$ .





$$T_L \text{ (à l'infini)} \xrightarrow{D_L} T \text{ en } F'_L \xrightarrow{\text{Oeil } A=0} T' \text{ sur } R'$$

$T$  et  $R'$  sont conjugués à travers l'œil n'accommodant pas,  $F'_L$  est donc situé sur le remotum de l'œil.

## 2. Emmétropie, Amétropies

Un œil emmétrope a son remotum à l'infini. Son plan focal image coïncide avec la rétine en l'absence d'accommodation.

Un œil dont le remotum est réel ( $D_L < 0$ ) est myope. Si le remotum est virtuel ( $D_L > 0$ ), l'œil est dit hyperope ou hypermétrope.

L'emmétropisation de l'œil est le résultat d'un processus adaptatif. Au cours du développement de l'œil, une adaptation de la puissance et de la longueur de l'œil s'achève si tout se passe bien par une légère hyperopie (0,50 à 0,75d). C'est une faille au cours de ce développement qui conduira à un œil amétrope. L'œil emmétrope a une longueur dite normale, c'est à dire comprise approximativement entre 23,3 et 25,4 mm; sa puissance ne diffère de 60d que de 5d au maximum.

Pour un œil amétrope, dans la majorité des cas, il y a une mauvaise adéquation de la longueur et de la puissance. Il existe deux cas limites, utiles pour servir de base de réflexion.

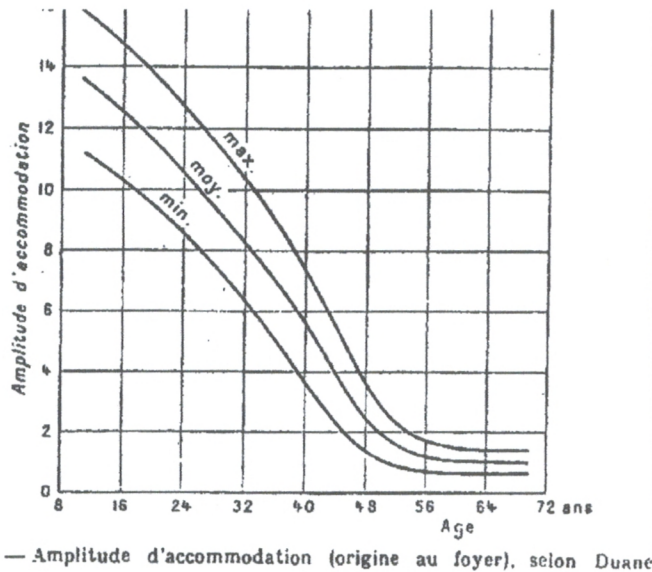
- soit l'amétropie est due à une anomalie de longueur, la puissance étant normale: on parle d'amétropie axiale.

- soit la longueur est normale mais l'anomalie est due à la puissance: amétropie de puissance.

Selon une enquête INSEE (Données sociales 1996) on rencontre dans la population française 19% de myopes et 2% d'hyperopes.

### 3. Parcours d'accommodation

L'amplitude maximale d'accommodation de l'œil est égale à la différence entre la proximité du remotum et celle du proximum:  $A_M = R - P$ . Cette amplitude d'accommodation varie avec l'âge. Sa diminution entraîne la presbytie. La courbe de Duane donne une moyenne statistique de cette variation avec l'âge. Il faut remarquer la variabilité importante en fonction des individus.



Le parcours d'accommodation est constitué de l'ensemble des points objet pouvant être conjugués de la rétine. Nous allons comparer ceux d'un œil emmétrope, d'un œil myope de -4,00d et d'un œil hyperope de 3,00d ayant tous une amplitude d'accommodation maximale de 10d.

- Pour l'émétrope: remotum à l'infini,  $R = 0$ .

$$P = R - A_M = -10$$

$$\overline{HP} = -10 \text{ cm}$$

- Pour le myope:

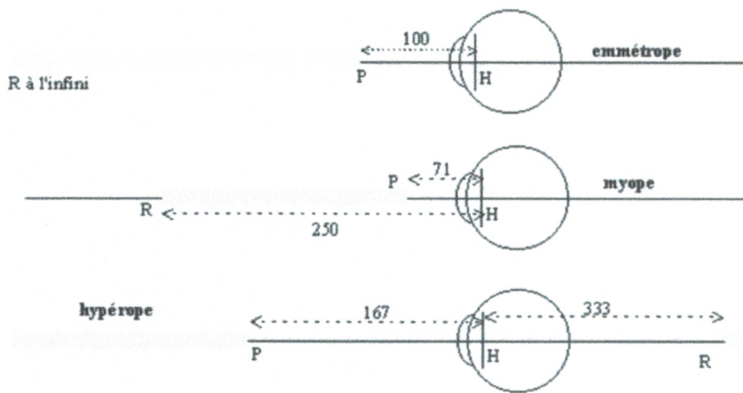
$$\overline{HR} = \frac{1}{R} = -25 \text{ cm}$$

$$\overline{HP} = \frac{1}{R - A_M} = -7,1 \text{ cm}$$

- Pour l'hypéropie:

$$\overline{HR} = \frac{1}{R} = 33 \text{ cm} \quad (\text{rem otum virtuel})$$

$$\overline{HP} = \frac{1}{R - A_M} = -16,7 \text{ cm}$$



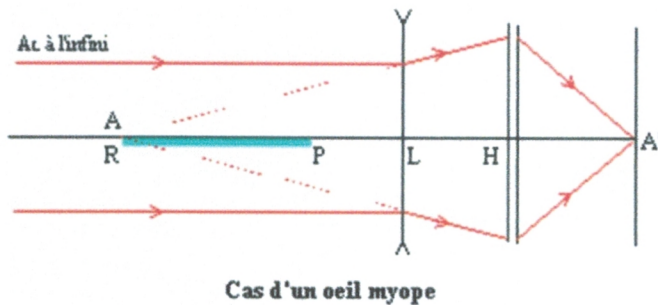
## X - Compensation des amétropies sphériques

### 1. Principe de la compensation

Le verre compensateur théorique (ou verre correcteur) de l'amétropie, placé devant l'œil, permet au sujet de voir net à l'infini sans accommoder. Attention, ce ne sera pas forcément le verre porté par le sujet amétrope pour avoir une vision confortable. Autre remarque, on dit souvent que ce verre "rend l'œil emmétré" pour la vision de loin, comme nous allons le montrer cette expression est impropre car l'œil compensé diffère de l'œil emmétré ayant la même longueur (accommodation nécessaire en VP, taille des images rétinienne).

Les deux systèmes de verres utilisés en optique sont les verres de lunettes et les lentilles de contact. Si, dans un premier temps, on les suppose minces, ils ne diffèrent que par la distance de leur centre optique au point principal objet de l'œil. En général, pour un verre de lunettes, on admet  $LH = 15 \text{ mm}$  et pour une lentille de contact, placée sur la cornée, le centre optique étant confondu avec le sommet de celle-ci:  $SH = 2 \text{ mm}$ .

## 2. Puissance du système compensateur



L'œil, non accommodé, muni du verre compensateur voit le point  $A_L$ . L'image A, de  $A_L$  à travers le verre, doit donc se trouver au rémotum de l'œil. Le foyer image du verre compensateur théorique et le rémotum de l'œil sont confondus.

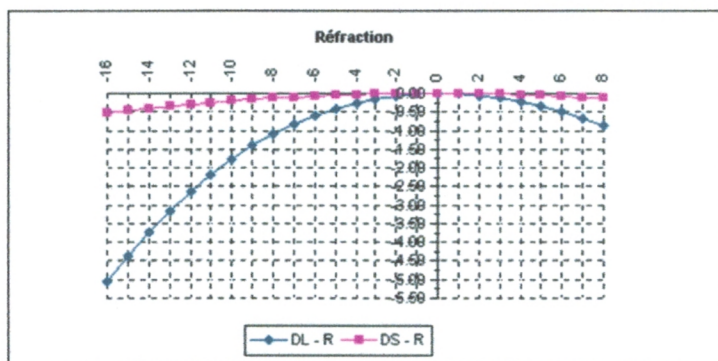
$A_L$  à l'infini  $\xrightarrow{D_L}$  A au rémotum de l'œil  $\xrightarrow{\text{Oeil non accommodé}}$  A' sur la rétine

On peut donc exprimer la puissance du verre compensateur théorique en fonction de la réfraction R de l'œil amétrope:

$$D_L = \frac{1}{LR} = \frac{1}{LH + HR} = \frac{1}{LH + \frac{1}{R}}$$

Avec les valeurs choisies pour la distance du système compensateur à l'œil, on peut tracer les puissances du verre de lunette  $D_L$  et de la lentille  $D_S$  en fonction de R. (page suivante)  
 On constate que pour des réfractations variant de -16 à +8 d la puissance de la lentille de contact à commander peut être considérée comme égale à la réfraction. Il n'en est pas de même avec le verre de lunette, l'égalité n'étant satisfaite à 0,25 d près qu'entre -4 et +4 d .  
 En pratique, on détermine  $D_L$ . La réfraction ne peut donc être considérée comme égale à la valeur de la vergence du verre que si celle-ci est faible (majorité des cas courants).  
 On remarquera que la vergence de la lentille compensatrice sera toujours supérieure, en valeur algébrique, à la vergence du verre pour une réfraction donnée et ceci quelle que soit l'amétropie du sujet.



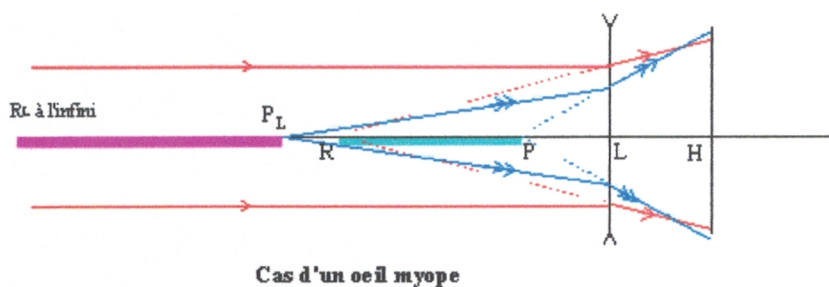


Comparaison de la vergence du verre et de la lentille de contact compensant l'œil amétrope en fonction de la réfraction de l'œil.

### 3. Parcours corrigé (ou apparent)

Nous avons défini le parcours d'accommodation de l'œil nu (parcours vrai). Le parcours corrigé est l'ensemble des points objet que l'œil, muni de son verre compensateur, peut voir net en mettant en jeu son accommodation. Ce parcours est donc le conjugué objet du parcours

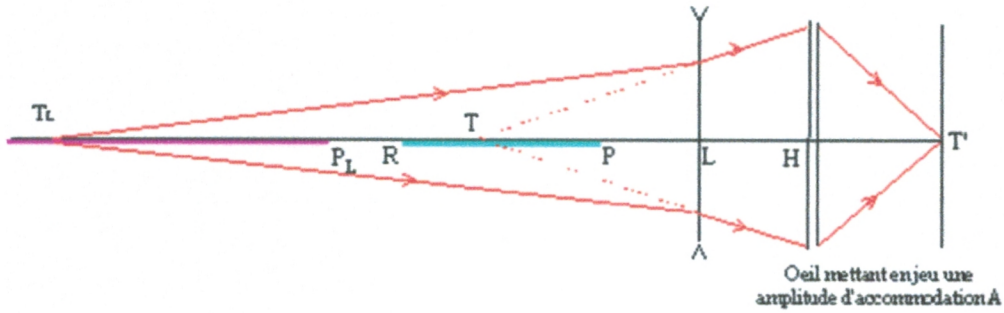
vrai à travers le verre compensateur.



$$R_L \xrightarrow{D_L} R : \frac{1}{LR} = D_L$$

$$P_L \xrightarrow{D_L} P : -\frac{1}{LP_L} + \frac{1}{LP} = D_L$$

#### 4. Accommodation en vision rapprochée de l'amétrope compensé



L'œil voit l'image T de  $T_L$  à travers le verre compensateur. Il met en jeu une amplitude

$$A = \frac{1}{\overline{HR}} - \frac{1}{\overline{HT}}$$

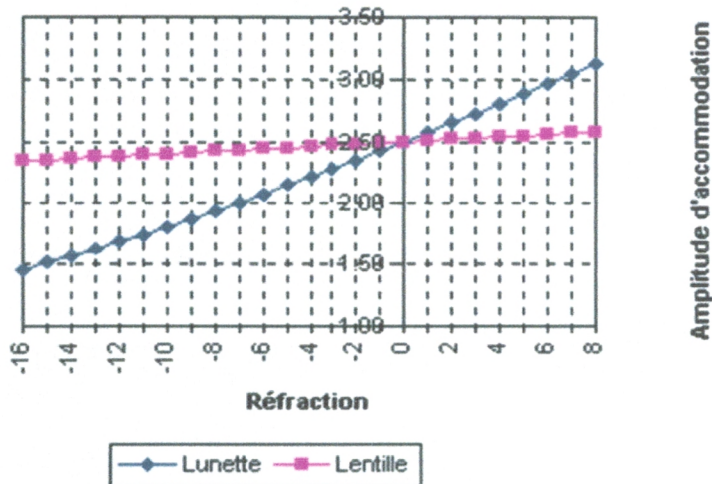
d'accommodation A:

$$\frac{1}{\overline{LT}} = D_L + \frac{1}{\overline{LT_L}} \quad \Leftrightarrow \quad \overline{LT} = \frac{1}{D_L + \frac{1}{\overline{LT_L}}} \quad \text{d'où} \quad \overline{HT} = \overline{HL} + \frac{1}{D_L + \frac{1}{\overline{LT_L}}}$$

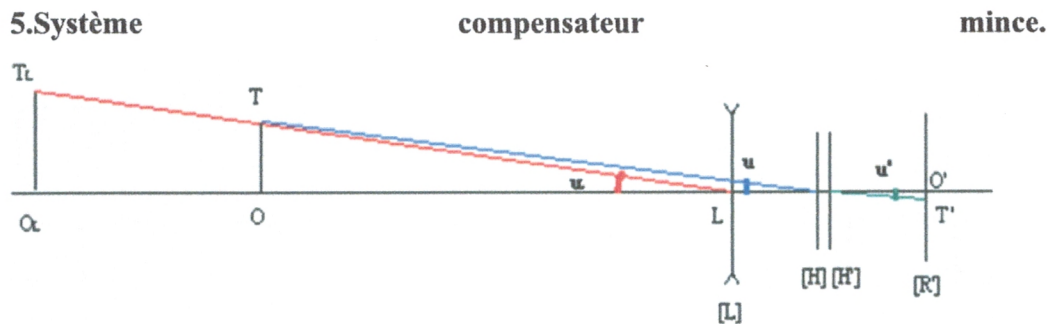
Le verre  $D_L$  étant le verre compensateur, j'exprime sa puissance en fonction de la distance à l'œil et de la réfraction de cet œil.

$$D_L = \frac{1}{\frac{1}{R} - \overline{HL}} \quad \text{d'où} \quad A = R - \frac{1}{\overline{HL} + \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{R} - \overline{HL}} + \frac{1}{\overline{LT_L}}}}$$

Cette formule va nous permettre de mettre en évidence l'influence de la distance à l'œil du système compensateur sur l'accommodation nécessaire en vision de près. Sur le graphique est représentée l'accommodation nécessaire à un amétrope compensé pour voir un objet situé à 40 cm devant H en fonction de sa réfraction.



On constate que l'accommodation nécessaire est plus faible pour le myope compensé en lunettes que pour l'emmetrope: environ 2,8% par dioptrie de myopie. S'il est compensé en lentilles de contact, l'accommodation nécessaire n'est inférieure à celle de l'emmetrope que de 0,4% par dioptrie environ. Ce phénomène explique qu'un myope fort au voisinage de la presbytie aura une vision plus confortable avec ses lunettes qu'avec ses lentilles de contact. Pour l'hypérope compensé, l'accommodation nécessaire est supérieure à celle de l'emmetrope dans les mêmes proportions.



Si la vergence du verre reste assez faible, l'approximation est tout à fait justifiée. C'est le cas pour la majorité des amétropies rencontrées.

$$\begin{aligned}
 O_L T_L &\xrightarrow{L} OT \xrightarrow{\text{Oeil}} O' T' \\
 O_L T_L &= u_L \overline{LO_L} \quad OT = u \overline{HO} = u_L \overline{LO} \\
 y' &= O' T' = u' \overline{H'R'}
 \end{aligned}$$

En appliquant la relation de Lagrange Helmholtz aux plans principaux, on obtient:

$$u = n'.u' \text{ (n' indice du corps vitré)}$$

$$y' = \frac{\overline{H'R'}}{n'} \cdot \frac{OT}{\overline{HO}} = \frac{1}{R'} \cdot \frac{u_L \cdot \overline{LO}}{\overline{HO}} = \frac{1}{R'} \cdot \frac{u_L \cdot \overline{LO}}{\overline{HL} + \overline{LO}}$$

$O_L$  et O sont conjugués par rapport au verre donc:

$$-\frac{1}{\overline{LO}_L} + \frac{1}{\overline{LO}} = D_L$$

Si l'objet regardé est très éloigné:

$$\overline{LO} = \overline{LF'} = \frac{1}{D_L}$$

et

$$y' = \frac{u_L}{R'} \cdot \frac{1}{1 - d \cdot D_L} \text{ avec } d = \overline{LH}$$

En l'absence de compensation, l'image rétinienne serait floue et aurait une taille sensiblement égale à

$$\frac{u_L}{R'}$$

On peut donc considérer que le verre correcteur introduit un grandissement:

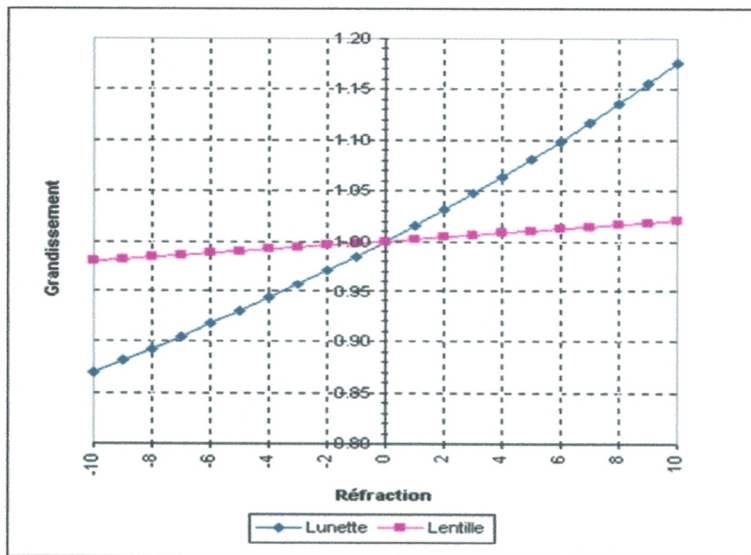
$$G_v = \frac{1}{1 - d \cdot D_L}$$

### 6. Système compensateur épais

Pour les fortes myopies ou les aphaques, le verre ne peut plus être considéré comme mince.



## 7. Comparaison lentilles – lunettes



En supposant les systèmes minces, nous allons tracer le grandissement de l'image rétinienne en fonction de l'amétropie de l'œil pour une compensation en lentille et une compensation en verre de lunettes.

*Remarque: Si l'on considère le cas d'un myope fort (>8 dioptries), quand il passe d'une compensation lunettes à une compensation lentilles, la taille de l'image rétinienne d'un optotype va se trouver agrandie. L'acuité mesurée de l'œil compensé avec ses lentilles sera supérieure à celle de l'œil compensé avec lunettes.*

## 8. Cas des anisométropes

Les deux yeux du couple oculaire sont équipés de leur verre compensateur dont la vergence est différente:  $D_{LD} \neq D_{LG}$ .

L'accommodation nécessaire en vision de près sera plus proche pour les deux yeux si l'on choisit une compensation en lentilles de contact. Pour une forte anisométrie, une compensation en lunettes induira une différence significative des accommodations nécessaires:  $A_D \neq A_G$ . Les deux yeux ouverts, le sujet verra net bien qu'il y ait un léger flou sur un œil. Cette différence de qualité des images rétiniennes peut induire une gêne.

La compensation de l'amétropie induit un grandissement de l'image rétinienne. Si le sujet est anisométrope, le grandissement est différent pour les deux yeux, les deux images rétiniennes n'auront plus même taille. La vision du sujet risque d'être perturbée par cette anisôconie objective.

### Ordres de grandeur:

On peut estimer l'aniséiconie induite dans les deux cas limites d'anisométrie:

- anisométrie de puissance: (les deux yeux ont même longueur)

- la compensation en lunettes induit environ 1,4% d'aniséiconie par dioptrie d'anisométrie,

- la compensation en lentilles induit environ 0,2% d'aniséiconie par dioptrie d'anisométrie,

- anisométrie axiale: (les deux yeux ont même puissance)

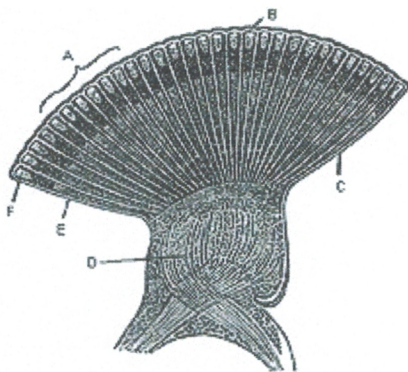
- la compensation en lunettes induit environ 0,3% d'aniséiconie par dioptrie d'anisométrie,

- la compensation en lentilles induit environ 1,8% d'aniséiconie par dioptrie d'anisométrie (au profit de l'œil le plus myope).

Dans la majorité des cas les deux yeux n'ont ni même longueur ni même puissance, aucune estimation n'est plus possible

### **XI.FORMATION DE L'IMAGE :**

Tout mécanisme formant une image doit être capable de percevoir les différences d'intensité entre les différentes directions d'incidence de la lumière. L'œil doit donc être capable de détecter la lumière, détecter sa direction, et établir une relation hiérarchique entre les signaux provenant des différentes directions.



Coupe transversale d'un œil composé de libellule

La perception de la lumière dans l'œil se fait grâce à des pigments, composés de deux parties liées covalamment : une partie protéique, l'opsine et une partie lipidique dérivée de la vitamine A, le chromophore. Le pigment est disposé dans la membrane des cellules photoréceptrices, et est constituée de 7 hélices transmembranaires disposées en cercle dans la membrane autour du chromophore. C'est l'absorption d'un photon par le chromophore,

permettant le passage de la configuration *11-cis* du chromophore à une configuration all-trans, qui permet la sensibilité à la lumière. Une fois le pigment excité, l'opsine permet l'activation d'une protéine G via une de ses boucles cytoplasmiques, ce qui déclenche ensuite la réponse cellulaire.

La perception de la direction nécessite de concentrer les rayons lumineux provenant d'une même direction de l'espace sur un faible nombre de photorécepteurs de la rétine, lesquels doivent être regroupés spatialement. Il existe de nombreuses manières de regrouper les rayons lumineux d'une même direction dans le monde animal, apparues indépendamment au cours de l'évolution. On peut cependant diviser les différentes méthodes en trois grandes stratégies: les rayons lumineux ne provenant pas de la bonne direction sont éliminés par **ombrage** d'une autre structure de l'œil sur la rétine, les rayons d'une même direction sont incurvés et orientés vers un même point de la rétine par **réfraction**, ou les rayons sont dirigés sur les photorécepteurs par **réflexion** sur un miroir concave disposé derrière la rétine. Ainsi, chaque photorécepteur ou groupe de photorécepteurs détecte la lumière provenant d'une seule direction.

Enfin, la comparaison des intensités lumineuses issues d'une même direction de l'espace nécessite une intégration des signaux électriques fournis par les neurones photorécepteurs. Cette intégration se fait en aval de la rétine. Le signal perçu par le cerveau n'est jamais absolu, et seule la différence d'intensité perçue entre les photorécepteurs est retenue, et non pas le niveau total d'intensité. Ceci permet à l'œil de s'adapter à la luminosité ambiante. En effet, en condition de forte luminosité, une même différence d'intensité entre deux récepteurs paraîtra plus faible, ce qui diminue la qualité de l'image.

## ***CATARACTE :***

### **I.INTRODUCTION :**

La cataracte est une affection oculaire assez fréquente qui atteint plus d'une personne sur cinq à partir de 65 ans, plus d'une sur trois à partir de 75 ans et près de deux sur trois à partir de 85 ans. Les signes de la cataracte apparaissent dans la grande majorité des cas avec l'âge. Cette maladie de la vision se révèle le plus souvent à partir de 60 ans. Mais elle n'est pas rare à partir de 50 ans et peut même survenir dès l'âge de quarante ans. Comme pour la presbytie,



c'est le cristallin le grand responsable. Il s'opacifie progressivement au cours des ans pour devenir comme une "fenêtre givrée". Ces opacités empêchent les rayons lumineux de passer, entraînant une diminution de la vision qui peut être très importante. Le seul traitement est le recours à la chirurgie. Il consiste à enlever le cristallin devenu opaque et à le remplacer par un implant.

## **II. Définition de la cataracte :**

La cataracte est une affection oculaire définie par l'opacification partielle ou totale du cristallin, responsable d'une réduction de la performance visuelle. Le cristallin est une lentille biconvexe convergente, située juste derrière l'iris. Son diamètre est d'environ 1cm, et son épaisseur ne dépasse pas généralement 0.4cm. Elle est constituée d'une capsule entourant un cortex et un noyau.

L'accommodation (ou capacité de l'œil à faire la mise au point de près) repose sur la déformation du cristallin sous l'action du muscle ciliaire.

Les cataractes constituent une cause très courante de détérioration de la vision. Des progrès importants ont été réalisés dans le traitement de cette maladie ces dernières années et la plupart des personnes qui en sont atteintes peuvent maintenant espérer recouvrer la vue en totalité ou, du moins, en grande partie.

Il ne faut pas confondre cataracte primaire et cataracte secondaire. La cataracte primaire correspond à la définition donnée comme opacification du cristallin. La cataracte secondaire s'observe après la chirurgie et est définie par l'opacification du sac capsulaire on note comme traitement de la cataracte secondaire la capsulotomie au laser Yag.

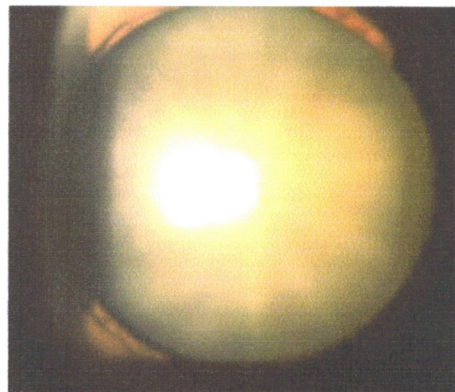
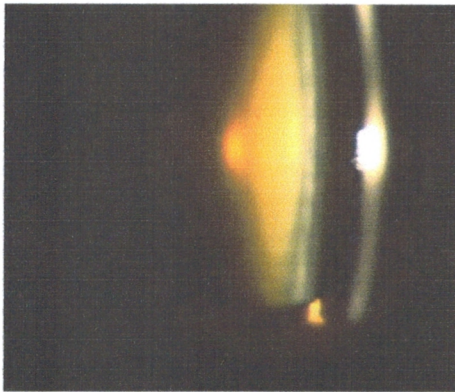
## **III. Manifestations cliniques de la cataracte :**

La cataracte se traduit pour le patient atteint par des symptômes visuels à type de gêne, de voile (sensation de brouillard devant les yeux), d'éblouissement à la lumière vive, et de perte de dixième d'acuité visuelle dont la baisse de la vue est progressive, trouble de la vision des couleurs ,ces symptômes peuvent être isolés ou associés selon le stade de la cataracte. L'ophtalmologiste confirme le diagnostic par la visualisation à l'examen à la lampe à fente (biomicroscopie) des opacités du cristallin, dont la localisation définit le type de cataracte, et l'importance de son stade.



#### IV. Aspects biomicroscopiques de la cataracte :

Une cataracte est caractérisée par la présence d'une opacification du cristallin, qui est une petite lentille normalement claire et transparente de l'œil. Il ne s'agit ni d'une tumeur ni de la formation d'une nouvelle peau sur l'œil, mais plutôt de la formation d'opacités croissantes sur le cristallin proprement dit. Si les symptômes visuels du patient permettent d'évoquer le diagnostic de la cataracte tel que l'impression de voile, de vision sale, éblouissements dans les formes précoces, etc. Sa confirmation est souvent fournie par l'examen au biomicroscope (ou lampe à fente). Les images suivantes sont des clichés pris à la lampe à fente du segment antérieur d'un œil atteint d'une cataracte de forme dite « nucléaire ».

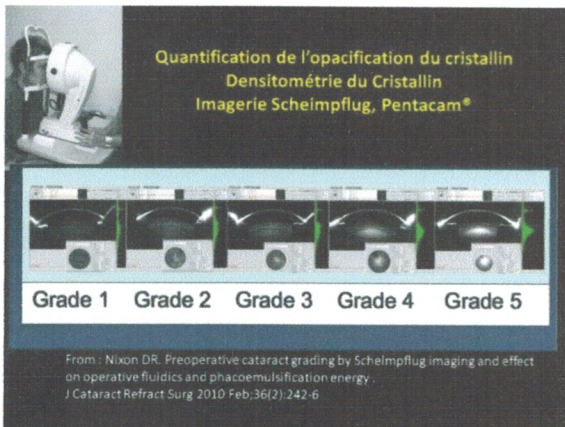


**Cataracte cortico-nucléaire : photo prise au biomicroscope de face**

Quand la cataracte est constituée, le cristallin devient opaque et la lumière ne peut être correctement transmise à la rétine, ce qui produit une image qui n'est pas claire. Il arrive souvent, en particulier au début de l'évolution de la cataracte, qu'une partie seulement du cristallin soit atteinte. Quand le centre du cristallin (noyau) est particulièrement opacifié, on parle de **cataracte nucléaire**. Ce type de cataracte provoque souvent un changement de correction lunettes, ou l'apparition d'une myopie tardive (myopie d'indice). D'autres formes d'opacités de cataracte sont possibles, de manière isolée en associées entre elles : sous capsulaires antérieures, sous capsulaires postérieures, etc.

En fonction de l'emplacement des opacités de la cataracte et de leur importance, on peut classer le stade de la cataracte. Il existe aujourd'hui des méthodes plus objectives que le

simple examen à la lampe à fente pour apprécier le degré d'opacité du cristallin .La densitomètre en est une (imagerie par camera rotative Scheimpflug, instrument Penta Cam).



La densitomètre du cristallin permet de donner un grade objectif à l'opacité du cristallin (cataracte).

## V. Symptômes visuels de la cataracte

Le patient peut ne pas se rendre compte qu'il a une cataracte débutante si les opacités du cristallin sont localisées ou de faible intensité. À mesure que la cataracte se développe, la vue peut devenir plus trouble, floue, imprécise. Les symptômes sont souvent unilatéraux au début (un œil est atteint avant l'autre), mais (en dehors de causes particulières comme les chocs), la cataracte se développe dans les deux yeux avec le temps.

Il peut aussi y avoir des symptômes comme des éblouissements ou une sensibilité accrue aux lumières vives, qui reflètent l'existence d'une dispersion lumineuse accrue par les opacités présentes au sein du cristallin. Ces symptômes sont parmi les plus précoces, de même que l'existence d'une gêne accrue pour distinguer des détails en contre jour. La cataracte peut modifier la réfraction oculaire en causant l'apparition ou l'aggravation de la myopie (en particulier pour les formes de cataractes dites « nucléaires »). L'aggravation de la myopie est liée à l'augmentation de la puissance réfringente du noyau du cristallin)

Elle modifie également la perception des couleurs, en réduisant la sensibilité aux courtes longueurs d'ondes (bleu, violet). En effet, les protéines du cristallin cataracté absorbent particulièrement les courtes longueurs d'ondes. Ceci explique également l'aspect « jaunâtre » du cristallin atteint de cataracte. Cependant, les patients ne s'en rendent généralement compte qu'après l'intervention du premier œil, par comparaison avec la vision de l'autre œil non opéré (les patients opérés signalent l'impression de reflets bleutés sur les objets de couleur



blanche au décours de l'opération). Comme la cataracte provoque une filtration très progressive des couleurs comme le bleu, le « cerveau » ne s'en rend pas compte au cours de l'évolution de celle-ci. Enfin, certains patients décrivent l'apparition d'un «voile permanent » gênant la vision d'un œil (cataracte unilatérale) ou les deux. A ce stade, l'acuité visuelle est souvent réduite de quelques dixièmes.

Plus la cataracte s'aggrave, moins les lunettes deviennent efficaces et ne peuvent compenser l'effet de la perte de transparence du cristallin. Dans les formes très avancées, la pupille, normalement d'apparence noire, peut changer sensiblement de couleur et prendre une coloration blanchâtre.

## **VI. Cataracte et retentissement visuel**

Même si les symptômes tendent à être plus importants pour les stades élevés de cataracte, le parallélisme anatomo-clinique (la corrélation entre le degré d'opacité et les symptômes visuels) n'est pas très élevé.

Si la vision n'est pas considérablement affaiblie ou si la baisse de vision est modérée et ne gêne pas le patient, il n'est pas forcément nécessaire d'enlever la cataracte. En revanche, si une grande partie du cristallin devient opaque, il peut y avoir une réduction partielle ou totale de la vision tant que la cataracte n'est pas retirée. L'acuité visuelle est diminuée, et n'est pas totalement améliorable par une correction en verres de lunettes.

Certaines techniques comme la mesure de la diffusion lumineuse par double passage (examen OQAS) sont utiles dans les cas où l'on cherche à confirmer (ou infirmer) la responsabilité d'une cataracte dans une baisse de vision.

## **VII. Causes de la cataracte :**

La cataracte est causée par une modification de la composition chimique du cristallin. Cette modification est le plus souvent liée au vieillissement. En effet, le processus normal de vieillissement peut causer le durcissement et l'opacification du cristallin : c'est ce qu'on appelle la cataracte sénile. C'est la plus courante et elle peut apparaître dès l'âge de 60 ans.

Il existe d' autres causes telles que l'hérédité, ou des malformations congénitales, qui peuvent provoquer l'apparition précoce d'une cataracte.

Des maladies générales comme le diabète ou certains troubles métaboliques (métabolisme du calcium) peuvent aussi provoquer l'apparition d'une cataracte.

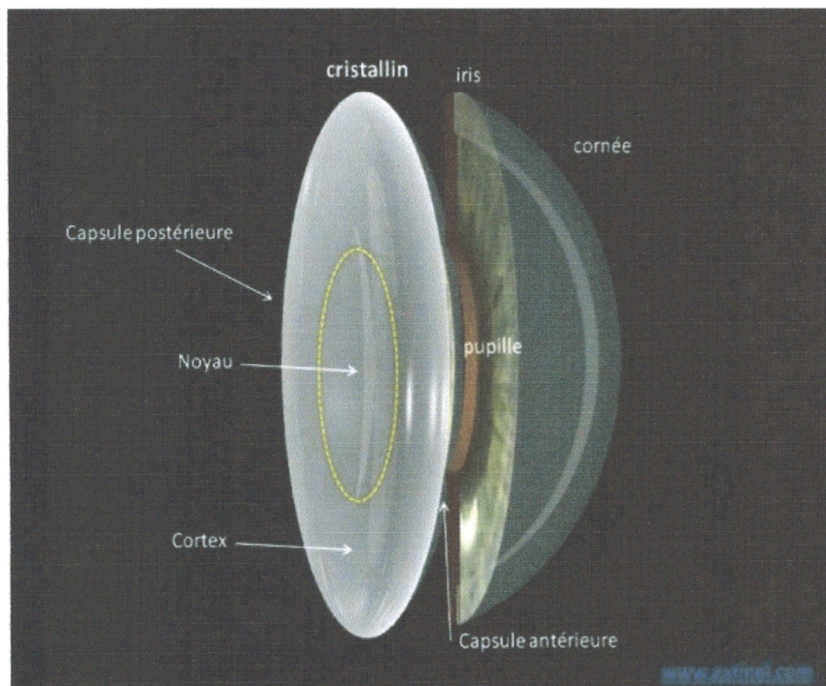
La prise prolongée de corticoïdes, le tabagisme chronique important sont également des facteurs de risques avérés pour la survenue d'une cataracte chez les sujets exposés.

Une blessure importante de l'œil, une contusion violente, l'exposition solaire répétée et prolongée sans protection oculaire aux UV peuvent également causer la survenue d'une cataracte.

La myopie forte (myopie axile) est une cause de cataracte précoce (parfois dès la cinquantaine).

### **IIIX. Types de cataracte :**

En fonction de la zone anatomique opacifiée du cristallin :noyau, cortex, régions situées près des capsules, on distingue plusieurs sortes de cataracte.

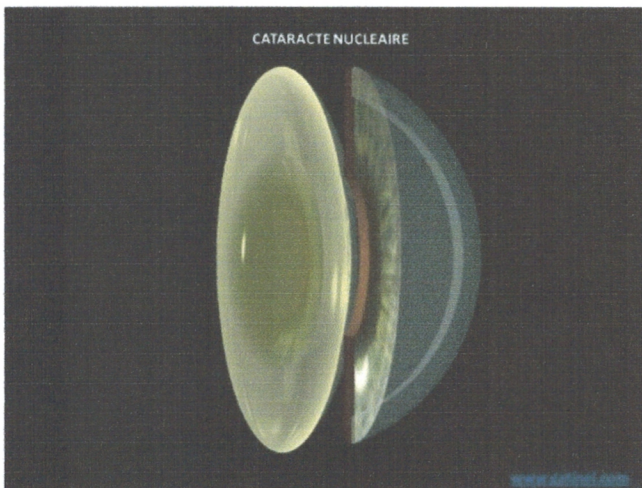


Les différentes portions anatomiques du cristallin sont : le noyau, au centre, le cortex, entre le noyau et la capsule, et les régions immédiatement adjacentes aux capsules.



## 1. Cataracte nucléaire

Elle est caractérisée par une opacification du noyau du cristallin. Elle peut induire une myopie d'indice, qui est liée à l'augmentation de l'indice de réfraction du noyau du cristallin opacifié (voir: aberrations optiques de la myopie d'indice, cataracte débutante). L'évolution de la cataracte nucléaire provoque une myopisation croissante, et parfois la perception d'images fantômes dédoublées par triplées (triplopie). Elle se rencontre chez les personnes âgées, ou chez les myopes en particulier.



La cataracte nucléaire est caractérisée par une opacification du noyau du cristallin.

## 2. Cataracte cortico-nucléaire

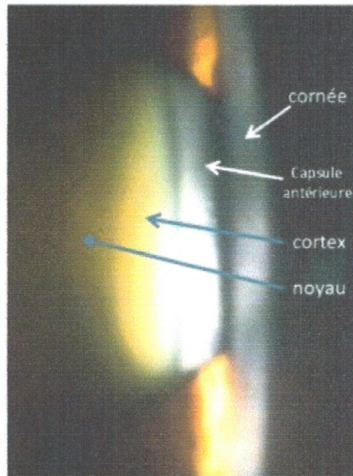
La cataracte cortico nucléaire est une forme fréquente de cataracte sénile. Le noyau et le cortex sont siège de la majorité des opacités.



La cataracte cortico nucléaire est caractérisée par une opacification croissante de la périphérie vers le centre du cristallin.

Photo lampe à fente (biomicroscope) d'une cataracte cortico nucléaire :

### CATARACTE CORTICO NUCLEAIRE



[www.gatinel.com](http://www.gatinel.com)

### 3. Cataracte sous capsulaire antérieure

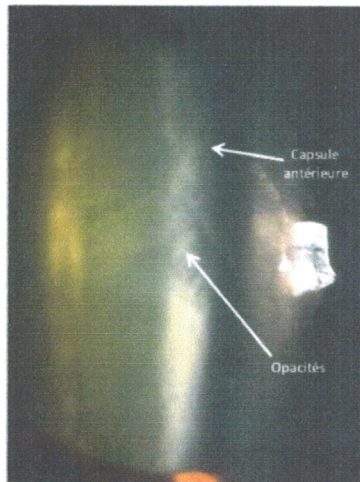
La cataracte sous capsulaire antérieure est définie par la présence d'opacités proches ou immédiatement sous la capsule antérieure du cristallin. Elle se rencontre plus particulièrement chez les patients diabétiques, après traumatisme oculaire, dans certaines formes d'allergies sévères, etc. Elle provoque une gêne visuelle marquée par la présence d'éblouissements fréquents.



La cataracte sous capsulaire antérieure est marquée par la présence d'opacités souvent radiaires, appelées "cavaliers".

Exemple (photo au biomicroscope) d'une cataracte dont les opacités prédominent sous la capsule antérieure :

#### CATARACTE SOUS CAPSULAIRE ANTERIEURE



[www.gatinel.com](http://www.gatinel.com)

#### 4. Cataracte sous capsulaire postérieure

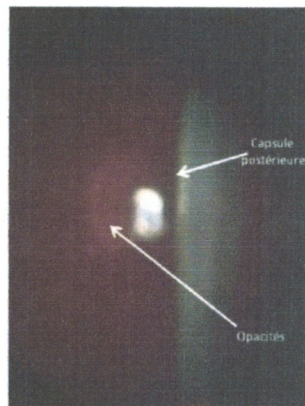
La cataracte sous capsulaire postérieure est provoquée par certaines agressions « physiques comme les ultra-violetes (expositions solaires répétées sans protection oculaire), ou métaboliques (tabagisme chronique, carences alimentaires, prise répétée de corticoïdes, etc.). Elle entraîne une gêne visuelle à type de voile, d'éblouissements, qui sont plus marqués en cas de forte luminosité (les symptômes sont atténués dans la pénombre).

La cataracte sous capsulaire postérieure se caractérise par la présence d'opacités situées au contact de la capsule postérieure du cristallin.

Photo prise en rétro illumination au biomicroscope d'une cataracte sous capsulaire postérieure en « médaille » :



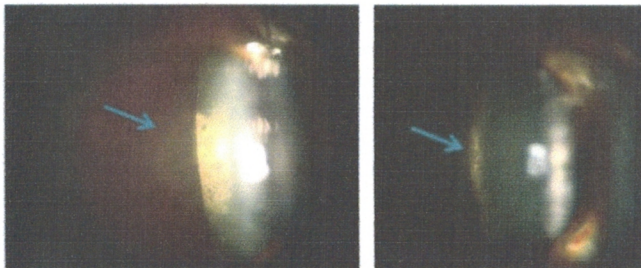
## CATARACTE SOUS CAPSULAIRE POSTERIEURE



[www.gatinel.com](http://www.gatinel.com)

Cataracte sous capsulaire postérieure Le cliché suivant montre une autre cataracte sous capsulaire postérieure plus évoluée: l'image en fente lumineuse (à droite) montre la localisation très postérieure des opacités du cristallin.

## CATARACTE SOUS CAPSULAIRE POSTERIEURE



[www.gatinel.com](http://www.gatinel.com)

Cataracte sous capsulaire postérieure

### IX. Type de cataracte et symptômes visuels

L'image suivante résume les principaux symptômes visuels, et le type anatomique de la cataracte qui en est responsable. Ces données sont indicatives, le retentissement visuel subjectif d'une cataracte dépend de nombreux facteurs (degré d'opacité, mode de vie, activités pratiquées, etc.).



Les différentes variantes anatomiques de la cataracte et les symptômes visuels fréquemment associés sont rassemblés sur ce schéma.

TYPE DE CATARACTE	SYMPTOMES
CATARACTE NUCLEAIRE	Voile, Myopisation Diplopie / triplolie
CATARACTE CORTICO NUCLEAIRE	(Cf cataracte nucléaire) + Besoin de plus de lumière
CATARACTE SOUS CAPSULAIRE POSTERIEURE	Voile Eblouissements Amélioration mésopique
CATARACTE SOUS CAPSULAIRE ANTERIEURE	Voile Eblouissements Contre jour

Illustration: D. Gatinel

[www.gatinel.com](http://www.gatinel.com)

## X. Dépistage et diagnostic de la cataracte

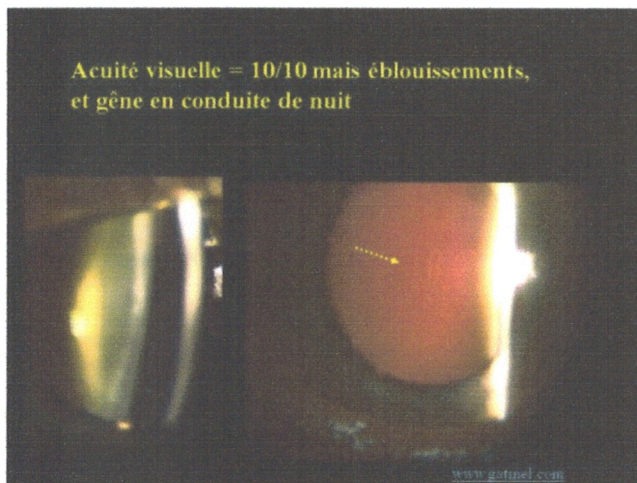
Le diagnostic est effectué par l’ophtalmologiste selon l’observation du cristallin au biomicroscope, la mesure du retentissement exact de la cataracte sur la vision, et l’absence d’une autre pathologie oculaire. Il prendra également des mesures précises des dimensions de l’œil et effectuer une échographie (biométrie) afin de calculer la puissance de l’implant qui devra être posé après l’ablation de la cataracte pour remplacer le cristallin.

## XI. Diagnostic objectif de la diffusion lumineuse causée par la cataracte

En cas de doute, il est possible de confirmer ou éliminer la présence d’une diffusion de la lumière liée à la cataracte en réalisant un examen par l’aberrométrie par double passage. La Fondation Rothschild a été le premier centre chirurgical français à s’équiper de cet instrument (appelé OQAS pour « Optical Quality Analyzing System ») dès 2007. Brièvement, une lumière infrarouge est recueillie et analysée après réflexion sur la rétine. En cas d’opacités cristalliniennes significatives, on observe une dispersion lumineuse qu’il est possible de quantifier (OSI : Optical Scattering Index). Un OSI normal ELIMINE la présence d’une « vraie » cataracte, et doit faire rechercher une autre origine aux symptômes visuels. Cet

examen permet de rassurer certains patients chez qui le diagnostic de cataracte a été posé... par excès.

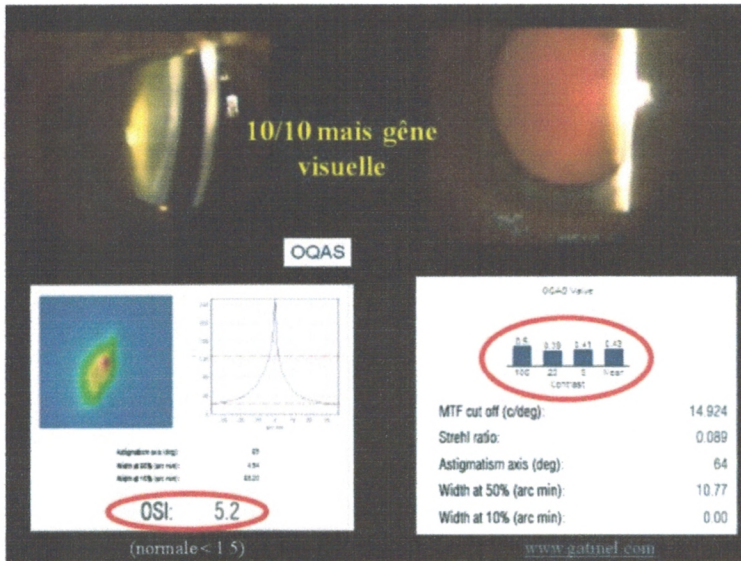
Voici un exemple dans lequel l'OQAS a permis de confirmer l'origine de symptômes visuels à type d'éblouissements marqués, et gêne en contre-jour. Pourtant, l'acuité visuelle était mesurée à 10/10, et l'examen à la lampe à fente ne retrouvait qu'une opalescence cristallinienne, mais avec la présence de petites vacuoles situées près de la capsule postérieure (flèche).



Patiente présentant une gêne visuelle à type d'éblouissements et de problèmes en contre-jour. L'acuité visuelle maximale est de 10/10. A la lampe à fente, la cornée est claire, le cristallin opalescent (1a). En rétro illumination, on remarque de fines opacités situées dans le tiers postérieur du cortex.

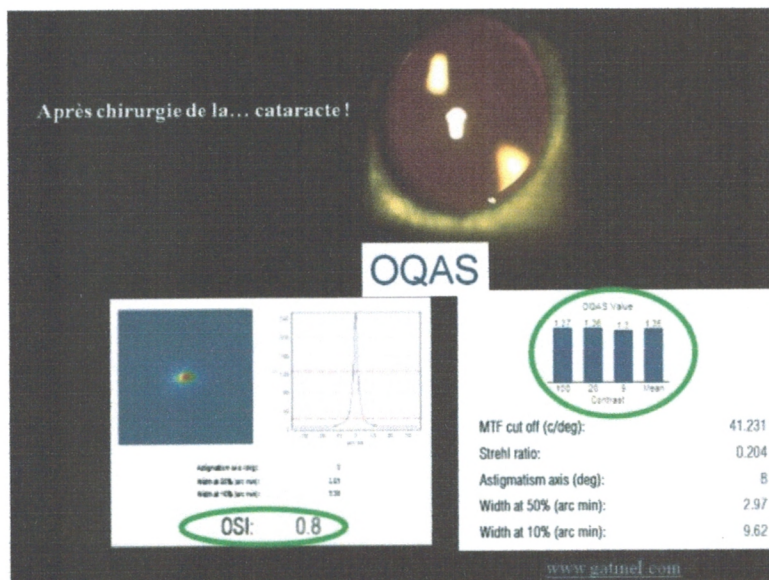
La réalisation de l'examen OQAS permet de quantifier l'effet potentiel de ces petites vacuoles sur la qualité de l'image rétinienne.





Examen OQAS (aberrométrie par double passage): l'OSI (Optical Scattering Index pour "Indice de Diffusion Optique") est 4 fois supérieur à la normale. Le contraste de l'image rétinienne est réduit de moitié. Ce résultat permet d'incriminer la responsabilité des opacités du cristallin dans la gêne visuelle du patient, qui ne présentait pas d'autres anomalies oculaires.

L'intervention de chirurgie de la cataracte est donc proposée. Après sa réalisation, qui consiste à remplacer le cristallin par un implant, l'examen OQAS objective l'amélioration de la qualité de l'image rétinienne et la réduction de la diffusion (diminution de l'OSI), confirmant ainsi le diagnostic initial.



Après chirurgie de la cataracte par phaco-émulsification, l'OSI est normalisé, et le contraste de l'image rétinienne restauré.

## **XII.LE TRAITEMENT**

Le traitement de la cataracte est exclusivement chirurgical. L'intervention est indiquée lorsque l'opacification du cristallin est devenue tel que le patient ne voit plus suffisamment. L'importance de la gêne n'est pas la même pour tout le monde, la date adéquat résulte d'une décision prise par le chirurgien et par le patient lui-même. Sans intervention chirurgicale, la cataracte devient handicapante et peut gêner la vie quotidienne.

## **XIII.BILAN PRÉ-OPÉRATOIRE POUR LA CHIRURGIE DE LA CATARACTE**

Le bilan préopératoire comporte quatre volets :

### **1. LE BILAN OPHTALMOLOGIQUE**

il consiste à la mesure de l'acuité visuelle de loin et de près, la mesure de la tension intraoculaire (afin d'éliminer un glaucome préexistant au préopératoire), un examen soigneux du segment antérieur afin d'éliminer une pathologie cornéenne (dystrophie) et enfin un fond d'œil afin de s'assurer de l'intégrité rétinienne en particulier maculaire pour éliminer toute incertitude sur la qualité de la récupération visuelle après la chirurgie.

### **2.EXAMENS COMPLÉMENTAIRES ÉVENTUELS**

Les examens complémentaires en ophtalmologie peuvent être :

- un champ visuel en cas de pression intraoculaire élevée,
- une angiographie rétinienne en cas de doute sur l'état rétinien,
- un comptage des cellules endothéliales de la cornée au microscope spéculaire en cas de dystrophie endothéliale suspecte.

### **3.LA BIOMÉTRIE**

Cet examen consiste à calculer la puissance du cristallin artificiel qui remplacera le cristallin cataracté.

Cette biométrie permet de mesurer la longueur axiale de l'œil, et par des programmes informatisés nous permet de déterminer la puissance de l'implant.



#### **4.LA CONSULTATION D'ANESTHÉSISTE**

La consultation d'anesthésie est indispensable et obligatoire pour l'intervention. Elle permet de confirmer le choix du type d'anesthésie et d'éliminer les contre-indications d'ordre général.

#### **XIV.LE MODE ANESTHÉSIQUE**

Une simple anesthésie locale pas instillation de gouttes est suffisante (anesthésie topique). En cas d'anxiété, le médecin anesthésiste peut administrer un produit tranquilisant avant et pendant l'opération. L'anesthésie générale n'est que rarement nécessaire. Elle s'adresse surtout aux enfants, aux malades très anxieux, aux non coopérants (trisomie 21).

#### **XV.LE MODE D'HOSPITALISATION :**

L'hospitalisation la plus pratiquée est l'ambulatoire (hospitalisation de quelques heures). En cas d'anesthésie purement locale, le patient peut quitter l'établissement après la fin de l'opération, à condition bien entendu, que votre état vous l'autorise et qu'une personne vous accompagne. Si vous le souhaitez, ou si le Médecin le demande, ou si vous êtes seul(e) à domicile, il est préférable de rester en hospitalisation durant une nuit. Le contrôle de l'œil opéré est réalisé dans les 24 heures qui suivent l'intervention.

#### **XVI.METHODES CHIRURGICALES :**

Aujourd'hui, la chirurgie de la cataracte permet une récupération visuelle quasi immédiate donc seul recours à la chirurgie permet de retrouver une vision correcte. Chaque année, le nombre de personnes opérées augmente. C'est l'une des interventions les plus fréquentes en Algérie. Elle consiste à enlever le noyau du cristallin pour le remplacer par une lentille artificielle. Grâce à une incision de l'ordre de 3 mm, le chirurgien introduit dans le globe oculaire une petite sonde qui produit des ultrasons. En quelques minutes, ceux-ci désagrègent et aspirent une partie du cristallin. Il ne reste plus qu'à glisser par la même incision un implant souple.

L'intervention dure de 10 à 30 minutes et se déroule généralement sous anesthésie locale ce qui permet de rentrer chez soi le soir même ou le lendemain. Les suites opératoires sont courtes et indolores. Bien sûr, quelques précautions s'imposent : mieux vaut éviter les chocs sur les yeux et les efforts violents. La récupération de la vision est très rapide. Il est possible de reprendre une activité quasi normale dès le lendemain de l'intervention.

## **XVII.EVOLUTION DE LA CHIRURGIE DE LA CATARACTE**

L'opération de la cataracte a connu de grands progrès au cours des dernières années, avec notamment le développement de nouvelles méthodes d'extraction du cristallin. Des complications restent toutefois possibles, heureusement le plus souvent mineures.

L'opération de la cataracte est devenue l'intervention chirurgicale la plus fréquente chez les personnes âgées. La technique en est aujourd'hui bien maîtrisée et les résultats sont, dans l'immense majorité des cas, très satisfaisants. Elle peut être réalisée sous anesthésie générale, sans hospitalisation. Il n'existe donc aucune limite d'âge à son utilisation, bien au contraire, car la restauration d'une vision satisfaisante permet souvent à des personnes très âgées de retrouver une certaine autonomie.

La cataracte est une maladie plus fréquente avec l'âge avec une évolution très variable, avec ses différents types elles n'évoluent pas de manière uniforme. Certaines se stabilisent. D'autres n'évoluent qu'après de nombreuses années vers une perte de vision. C'est donc au patient aidé et informé par son ophtalmologue, de décider du moment de l'intervention, en fonction de la gêne ressentie. Les études montrent que, lorsque la baisse de l'acuité visuelle est importante, l'intervention a des effets bénéfiques sur la qualité de vie et, souvent aussi, sur les autres maladies liées à l'âge.

Des implants multifocaux: dans presque tous les cas un implant est ensuite introduit à l'intérieur de la capsule pour remplacer le cristallin. Cet implant peut être plié, ce qui permet de l'introduire sans difficulté à travers l'incision. En cas de phacoémulsification, il n'est même pas toujours nécessaire de suturer.

Ces implants ont permis de mettre au rebut les verres épais, inesthétiques que portaient autrefois les personnes opérées de la cataracte. Cependant, ils ne peuvent se déformer pour permettre l'accommodation. Ils sont donc focalisés sur un type de vision, généralement sur la vision de loin, ce qui impose le port de lunettes pour la lecture.



Des lentilles multifocales sont en cours de développement. Elles auraient l'avantage de permettre la vision de près et de loin. L'avantage serait précieux pour les personnes opérées. Pour certains patients, cependant, ayant d'autres maladies oculaires associées, la pose d'un implant est contre-indiquée et le port de verres correcteurs reste nécessaire. Les complications graves de la chirurgie de la cataracte sont rares. Les infections intraoculaires, ou endophtalmies, restent exceptionnelles (un cas sur plusieurs milliers). Elles peuvent entraîner une perte totale de la vision de l'œil atteint.

Dans 2 à 4 % des cas, des complications moins dramatiques (glaucome, œdèmes maculaires ou décollement de la rétine) mais pouvant avoir dans un certain nombre de cas des conséquences sérieuses, se produisent. Elles sont plus fréquentes en cas de maladie oculaire ou d'autres affections associées (diabète, maladie cardiaque...). Parfois une nouvelle intervention est nécessaire.

### **XIIX.LE DÉROULEMENT DE L'INTERVENTION CHIRURGICALE**

L'extraction extra capsulaire de la cataracte par Phacoémulsification est l'opération la plus courante et la plus sûre actuellement. L'intervention se déroule dans un bloc opératoire stérile, sous microscope opératoire, le patient en position allongée sur le dos.

Cette intervention est généralement réalisée aujourd'hui par une méthode appelée phacoémulsification. Le cristallin est fragmenté en petits morceaux par des ultrasons puis aspiré à travers une toute petite incision de la cornée en conservant l'enveloppe postérieure. On appelle cette enveloppe la capsule, qui a l'avantage de permettre de placer l'implant artificiel à la même place que la cataracte retirée. Cette technique par ultra son est de loin la meilleure, car elle n'exige qu'une petite ouverture, et la récupération visuelle est beaucoup plus rapide. La durée de l'opération est de 15 à 30 minutes. La suture à la fin de l'opération n'est pas obligatoire et dépend de l'habitude du chirurgien.

Les techniques chirurgicales ne sont pas réalisées au laser. En effet, le laser ne permet pas de traiter chirurgicalement la cataracte. Par contre le laser YAG permet de rétablir la transparence de la capsule postérieure, qui devient opaque plusieurs mois ou plusieurs années après l'intervention. C'est ce que l'on nomme la cataracte secondaire. Le traitement par laser se fait en quelques minutes et est totalement indolore.

Il n'est pas souhaitable de réaliser l'intervention de la cataracte aux deux yeux le même jour. Le risque infectieux, qui est faible, mais pas nul, ne permet pas cela. Classiquement, il est plus



prudent d'attendre entre un et deux mois entre l'intervention de chaque œil. C'est un délai qui permet de constater que l'opération du premier œil s'est réalisée sans qu'aucun risque particulier ne soit pris pour le second œil.

#### **XIX. INCIDENTS ET DIFFICULTÉS PRÉ-OPÉRATOIRE :**

Ils sont rares et imprévisibles. Ils conduisent parfois à placer l'implant devant la pupille, voire renoncé à toute implantation. Il peut être nécessaire d'enlever un tout petit fragment de l'iris ou de procéder à l'ablation d'une partie du vitrée.

Le déroulement de l'intervention peut être compliqué par une rupture de la capsule (moins de 5% des cas). L'extraction de la cataracte est parfois incomplète, une hémorragie peut se produire, qui se résorbe en général en quelques jours (dans des cas très exceptionnels, elle peut aboutir à la perte de la vision, voire la perte de l'œil).

#### **XX. LES SOINS LOCAUX :**

Ils sont limités à l'instillation de gouttes et au port d'une protection oculaire selon les modalités et durant une période qui vous sera précisée par votre chirurgien. Il est parfois nécessaire de procéder à l'ablation de fils de suture au bout de quatre semaines après l'intervention. L'activité professionnelle, l'utilisation de machines ou d'instruments dangereux, la conduite automobile sont déconseillés pendant une période limitée qui sera définie par l'ophtalmologue (10 à 30 jours).

#### **XXI. L'ÉVOLUTION POST-OPÉRATOIRE HABITUELLE :**

Dans la très grande majorité des cas (95%) l'œil opéré de la cataracte est indolore. La vision s'améliore très rapidement et une correction adaptée par lunettes peut être prescrite dans un délai de quelques semaines.

#### **XXII. COMPLICATIONS:**

Bien qu'elle soit complètement standardisée et suivie d'excellents résultats, l'opération de la cataracte n'échappe pas à la règle générale selon laquelle, il n'existe pas de chirurgie sans risque. Il est n'est donc pas possible à l'ophtalmologue de garantir formellement le succès de l'intervention.

\* Donc il faut signaler quelques complications :

1. Après l'intervention une baisse de la vision au cours du premier mois doit faire rechercher une endophtalmie (inflammation du contenu oculaire) :

L'œil est rouge et douloureux. C'est une urgence thérapeutique, la perte de l'oeil étant possible

2. Un œdème cornéen

3. Un décollement de rétine 0,5 à 1 % des cas

4. Un photo traumatisme rétinien en rapport avec l'éclairage du microscope opératoire

5. Un œdème rétinien maculaire.

\*D'autres complications moins sévères peuvent cependant se manifester également :

1. Une opacification capsulaire postérieure peut se manifester plusieurs mois après l'intervention

Cela est en rapport avec une prolifération fibreuse qui altère la transparence de la capsule

On pourrait dire qu'il s'agit d'une cataracte secondaire

Le traitement est simple Il faut réaliser grâce au laser Nd-Yag un orifice d'environ 4 mm au sein de la capsule postérieure.

Cette capsulotomie est réalisée en 10 minutes en consultation externe.

Le malade voit bien immédiatement après

Il faut attendre au moins 6 mois après la première intervention pour pratiquer cette "fenêtre" capsulaire pour éviter des complications secondaires comme un décollement de rétine par exemple

2. Chez une personne myope, l'intervention peut faire disparaître la myopie en fonction du choix du cristallin artificiel choisit par l'ophtalmologiste

Cependant la rétine de ce patient reste une rétine de myope qui reste soumise à la possibilité de lésions prédisposant à un décollement rétinien

Il convient donc de surveiller le fond d'œil tous les ans, même et surtout si le malade reste enthousiaste du résultat de l'intervention.

3. Le port de lunette après l'intervention sera indispensable

Soit pour voir de près, si la correction due au nouveau cristallin artificiel permet une vision de loin sans lunette;

Soit pour voir de loin si la correction a été faite pour voir de près sans lunettes (cela dépend du choix du malade en fonction de son éventuelle profession.) .

Enfin il faut signaler la possibilité de certains inconvénients

4. Un PTOSIS peut se manifester

5. Un hématome conjonctival ou palpébral

6. Une élévation de la pression oculaire

7. Une inflammation oculaire

8. Il non étanchéité de la cicatrice (rare)

9. Un astigmatisme

\*Il peut y avoir des complications graves tel que :

1. Infection oculaire. Elle se traduit par un œil douloureux, très rouge, et qui ne voit pas. Il est nécessaire de consulter en urgence

2. Opacité de la corné. La vue est très trouble de loin et de près.

3. Traumatisme de l'œil par le patient ou son entourage

4. Décollement de la rétine. Il est arrivé rarement dans les suites immédiates de l'opération de la cataracte. Il survient le plus souvent plusieurs semaines après l'opération.

5. L'extraction incomplète de la cataracte

6. Déplacement ou luxation du cristallin artificiel. Cette complication nécessite le plus souvent une ré intervention

7. œdème rétinien central



8. Brûlure rétinienne par l'éclairage du microscope opératoire. Elle est devenue exceptionnelle par les réglages actuels des microscopes opératoires

\*Comme complications peu graves on peut citer :

1. Cicatrice insuffisamment étanche.
2. Chute partielle de la paupière supérieure.
3. Hématome du blanc de l'œil ou de la paupière (fréquent).
4. Perception de mouches volantes.
5. Sensibilité accrue à la lumière.
6. Inflammation de l'œil.
7. Augmentation de la pression intra-oculaire.
8. Déformation de la cornée (astigmatisme) .
9. Vision dédoublée.

*L'erreur de calcul de la puissance du cristallin artificiel est très rare en raison de la précision de l'échographie systématique qui est faite avant l'intervention.*

*Ce qu'il est permis ou interdit de faire en postopératoire*

## **PARTIE CLINIQUE :**

Dont le but d'étudier les complications post-opératoires des cataractes chez les sujets âgés. On a pris 20 cas de patients opérés -au niveau du service d'ophtalmologie du CHU. Tlemcen -pour une cataracte durant l'année 2011.

-C'est patients ont déjà été suivi par des ophtalmologues et leur cataracte est confirmée par des examens à la lampe à fente et des fonds d'œil. L'âge des patients varie entre 65 à 75ans.

### **1. Motif d'hospitalisation :**

-Il s'agit de 20 patients dont leur âge vari entre 65ans et 75ans, 13 de sexe masculin et 07 de sexe féminin, originaires et demeurants à la ville de Tlemcen et ces environs. Admis au service d'ophtalmologie entre le début du mois de janvier et la fin du mois de décembre 2011, pour cataracte uni ou bilatérale.

### **2. Antécédents :**

#### **1.2. Personnels :**

##### **1.1.2. Médicaux :**

-Dix (10) de ces patients étaient diabétiques depuis la quarantaine, dont 04 sont hypertendus.

-Six (06) étaient hypertendus : 04 hommes et 02 femmes.

-Le reste sans particularité.

##### **2.1.2. Chirurgicaux :**

-02 déjà opérés pour cataracte le l'œil gauche : 01home, une femme.

-03 ont subi des appendicectomies : toutes les trois des femmes.

#### **2.2. Familiaux : Rien à signaler.**

### **3. Histoire de la maladie :**

Les débuts des troubles visuelles remontent à quelque semaines voir quelque mois par l'apparition de gêne, de voile (sensation de brouillard devant les yeux) tel que les patients expliquent en décrivant leur souffrance, et de perte de dixième d'acuité visuelle chose

remarqué nettement chez les patients myopes dont la baisse de la vue est progressive sans oublier les troubles de la vision des couleurs.

#### **4. L'examen clinique d'entrée :**

##### **1.4. Examen de l'état général :**

- Les patients étaient en bon état général.
- Téguments et conjonctives normo-colorées.
- Patients conscients coopérants.
- De poids variant entre 65kgs et 87kgs.

##### **2.4. L'examen cardiovasculaire :**

- Absence de dyspnée.
- B1, B2 audibles aux quatre foyers.
- Pas de souffle ni de bruits surajoutés.

##### **3.4. L'examen pleuro-pulmonaire :**

- Sans particularité.

##### **4.4. L'examen ORL :**

- Absence de foyer infectieux.

##### **5.4. Examen des aires ganglionnaires :**

- Absence de ganglions superficiels.

##### **6.4. Le reste de l'examen somatique :**

- Sans particularité.

#### **5. Conduite à tenir :**

##### **1.5. Hospitalisation des patients.**

##### **2.5. S'assurer de l'équilibre du diabète chez les patients concernés.**



## **6. Bilan pré opératoire :**

### **1.6. Radiologique :**

A.S.P : abdomen sans préparation.

E.C.G : électrocardiogramme.

### **2.6. Biologique :**

-F.N.S : formule numérique sanguine.

- V.S : vitesse de sédimentation.

### **3.6. Biochimique :**

-Glycémie.

## **8. L'avis de l'anesthésiste :**

La consultation d'anesthésiste est indispensable et obligatoire pour l'intervention. Elle a permis et ordonné le chirurgien d'opérer les patients et indiqué le choix de l'anesthésie et d'éliminer contre-indications d'ordre général.

## **7. Déroulement de l'intervention :**

L'extraction du cristallin est réalisée manuellement. Le chirurgien pratique une ouverture de la cornée d'environ 8 à 10 mm. Cette méthode est essentiellement utilisée dans des cas de cataractes épineux (cristallin particulièrement dur, cataracte compliquée).

## **8. L'implantation du nouveau cristallin :**

Après avoir aspiré ou retiré le cristallin malade, le chirurgien va implanter le nouveau. En fait, l'enveloppe du cristallin (la capsule) est laissée en place, afin de pouvoir placer la lentille dans l'œil. Il reste assez exceptionnel de procéder à l'extraction totale du cristallin. En pliant la lentille synthétique, le chirurgien passe par la petite incision pratiquée, pour ensuite le placer derrière la pupille dans le sac capsulaire. L'incision de l'œil est ensuite éventuellement suturée, mais le plus souvent, les sutures sont inutiles car l'incision est auto-étanche et très petite.

## 9. Les suites opératoires :

### 1.9. Le traitement post-opératoire :

-Après réanimation comportait une antibiothérapie.

### 2.9. Les résultats de l'intervention chirurgicale et interprétations:

-Chez la plupart des opérés l'œil opéré de la cataracte est indolore. La vision s'améliore très rapidement et une correction adaptée par lunettes peut être prescrite dans un délai de quelques semaines.

-Mais d'une autre part il y a quelque patients qui ont présenté quelque signes non souhaitables tel que :

\*une inflammation oculaire.

\*un hématome conjonctival.

- résultats sont résumés sur les tableaux suivants :

#### Les Types de cataractes chez cet échantillonnage

Types de cataractes:	de	Cataracte nucléaire :	Cataracte sous capsulaire antérieur :	Cataracte cortico-nucléaire :
Nombre de patients :		10 patients.	07 patients.	03patients.

\*Pour le premier tableau des types de cataractes opérés on a :

-10 de ces patients avaient une cataracte nucléaire. Ce type est un très fréquent chez les sujets âgés et les myopes.

-07 de ces patients avaient une cataracte sous capsulaire antérieure. Ce type est retrouvé chez les sujets diabétiques.

-03 de ces patients avaient une cataracte cortico-nucléaire. Ce type est la forme la plus fréquente de la cataracte sénile.

Les résultats de la chirurgie de la cataracte chez cet échantillonnage.

<b>Les résultats de l'intervention :</b>	Chirurgie réussie et récupération de l'acuité visuelle dès le 1 <sup>er</sup> changement de pansement :	Inflammation conjonctivale :	Hématome conjonctivale :
<b>Nombres de patients :</b>	16 patients.	03patients.	01patient.

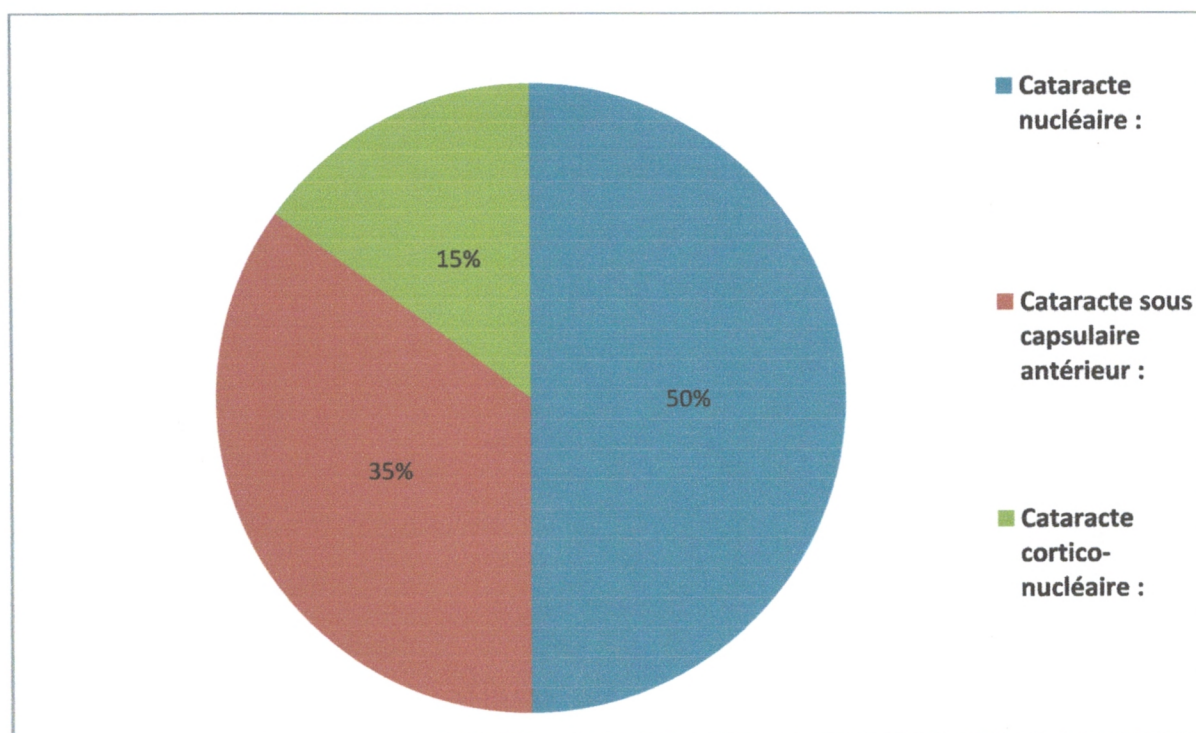
\*Pour le 2ème tableau des résultats de l'intervention chirurgicale faite on a :

-16 de ces patients ont récupérés leur acuité visuelle, chose aperçue dès le lendemain de l'intervention.

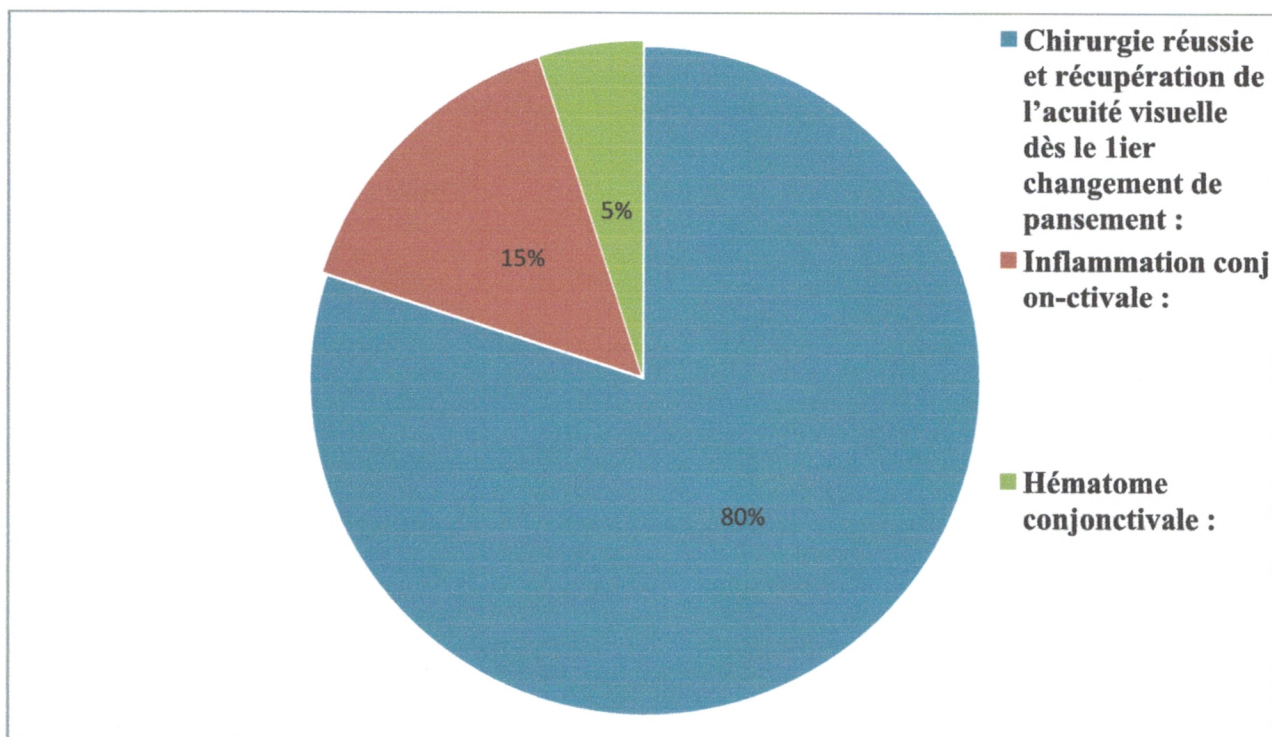
-03 de ces patients ont présentés un hématome conjonctivale.

-01 d'entre eux a présenté une inflammation conjonctivale.

**3.9. Interprétation numérique des résultats :**







#### 4.9. Conduite à tenir des cas ayant présentées des complications :

-Cas d'inflammation : un traitement anti-inflammatoire est introduit au traitement post-opératoire de la cataracte, il était fiable chose qu'a montrée le contrôle après une semaine de traitement.

-Cas d'hématome conjonctivale : bien que son aspect est inquiétant mais la résorption ce fait spontanément sans un traitement associé. La guérison est totale après une 10aine de jours.

#### 6.9. Conclusion :

- L'intervention sur la cataracte est une intervention bien codifiée qui a donné d'excellents résultats. Les complications des effets secondaires cités ci-dessus ne doivent pas cacher la réalité du rôle bénéfique de ce geste.

## **CONCLUSION:**

-La cataracte est une affection oculaire assez fréquente, mais qui n'est plus le fantôme de cécité d'avant vu que la chirurgie de la cataracte a fait des progrès énormes au cours des dernières années. Maintenant, en moins de 30 minutes et sans douleur, la vision du patient est restaurée. Toutefois, il ne faut pas banaliser cette chirurgie. En effet, toute chirurgie peut mener à des complications. Il peut arriver que la vision soit moins bonne au final après la chirurgie, mais cela est rare comme indiqué et expliqué ci-dessus.

## **BIBLIOGRAPHIE :**

### **Ouvrages :**

-Pr Philippe Gain, Dr Gilles Thuret.

-Article du Figaro Magazine (29 Novembre 2008)-Une chirurgie qui a fait ses preuves : toute la lumière sur la cataracte.

-M.F. Land et D.E. Nilsson, Animal Eyes, Oxford University Press, 2002.

-Forum Média Med.

-Les forums : Bertrand B.

-Le Dr Gérard Ammerich

- Thanh Hoang-Xuan.

-Odile Jacob, 2011, 176 p.

-Jane Elliott, « The Romans carried out cataract ops [archive] » sur BBC News, 9 février 2008

### **Sites Internet :**

-[http://sante-guerir.notrefamille.com/v2/services-sante/article-sante.asp?id\\_guerir=11865](http://sante-guerir.notrefamille.com/v2/services-sante/article-sante.asp?id_guerir=11865)

-[http://fr.wikipedia.org/wiki/%C5%92il#La\\_formation\\_d.27une\\_image](http://fr.wikipedia.org/wiki/%C5%92il#La_formation_d.27une_image)

-<http://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie/oeil-5633/definition.html>.