



HAL
open science

Évaluation de la qualité de vision après une greffe endothéliale

Claire Maurel

► **To cite this version:**

Claire Maurel. Évaluation de la qualité de vision après une greffe endothéliale. Médecine humaine et pathologie. 2017. dumas-01695600

HAL Id: dumas-01695600

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01695600>

Submitted on 19 Mar 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Mémoire de fin d'étude d'orthoptie

ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE LA VISION APRÈS UNE GREFFE ENDOTHÉLIALE

Après une intervention de type DMEK, le patient récupère-t-il une qualité de vision similaire à une personne sans atteinte oculaire ?

ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE LA VISION APRÈS UNE GREFFE ENDOTHÉLIALE

Directeur de mémoire : Dr Camille Bosc

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Docteur BOSC, directeur de ce mémoire, pour son aide précieuse et son calme à la réalisation de ce mémoire et pour sa sympathie.

A Madame EKPE, directrice de l'école d'orthoptie, pour ses conseils indispensables à ce mémoire.

A Madame le Docteur DALENS, précédente directrice de l'école d'orthoptie, pour la richesse de son enseignement.

A Monsieur le Professeur CHIAMBARETTA, chef du service d'Ophtalmologie de Clermont-Ferrand pour son enseignement dispensé au cours de ces trois années.

A tous les médecins ophtalmologistes du service, pour leur enseignement délivré durant ces trois années.

Je tiens également à remercier **l'ensemble des orthoptistes du service d'Ophtalmologie**, COLLA Coralie, MICHEL Sylvie, PARIS Laurent, FERIÉ Céline, ADAMKIEWICZ Camille, PELLETIER Constance, MONNEYRON Nathalie, GRELEWIEZ Hélène, DEQUIENS Hélène, pour leur accueil au sein des différents stages, leur disponibilité, leur enseignement et leur soutien durant ces trois années.

A toute l'équipe du service d'Ophtalmologie, internes, infirmières, aides-soignantes et secrétaires pour leur gentillesse et leur disponibilité.

A l'ensemble des élèves orthoptistes avec qui j'ai passé ces 3 années pour leur conseil et soutien.

Je remercie chaleureusement **Sixtine, Sara, Manon, Paola, Cindy, Pauline, Jérémy, Amandine** pour leur soutien, leur conseil, leur bonne humeur et leur amitié. Passer trois années en leur compagnies fut vraiment un plaisir.

A Carole, pour sa gentillesse, sa bonne humeur et son aide précieuse pour ce mémoire.

À l'équipe du CRDV et ABV qui m'ont fait découvrir la rééducation de basse vision durant ce stage.

À l'équipe du service d'ophtalmologie du centre hospitalier de Vichy où j'ai passé un bon moment et qui m'a fait prendre confiance en moi.

À Mme Bourdon-Cardinal qui m'a fait découvrir l'univers de la pratique en libéral. Ce fut un réel plaisir de faire le stage à son cabinet.

A mes parents, ma sœur et mon frère, pour votre amour, votre aide inestimable et votre soutien indéfectible.

Table des matières

1. INTRODUCTION	p. 6
2. PARTIE THÉORIQUE	p. 7
Partie A : Anatomie et physiologie de la cornée	p. 7
I. Anatomie macroscopique	p. 7
II. Anatomie microscopique	p. 8
1. <i>L'épithélium cornéen</i>	p. 9
2. <i>La membrane de Bowman</i>	p. 9
3. <i>Le stroma cornéen</i>	p. 10
4. <i>La membrane de Descemet</i>	p. 10
5. <i>L'endothélium</i>	p. 11
6. <i>Le limbe scléro-cornéen</i>	p. 11
7. <i>Le film lacrymal</i>	p. 12
III. Les propriétés optiques de la cornée	p. 12
1. <i>La transmission de la lumière</i>	p. 12
2. <i>La réfraction de la lumière</i>	p. 13
3. <i>La réflexion de la lumière</i>	p. 13
4. <i>La diffusion de la lumière</i>	p. 13
IV. L'immunologie	p. 13
V. L'innervation cornéenne	p. 14
1. <i>L'innervation sensitive</i>	p. 14
2. <i>L'innervation sympathique adrénergique</i>	p. 14
VI. La cicatrisation cornéenne	p. 14
1. <i>Le renouvellement de l'épithélium cornéen</i>	p. 15
2. <i>La cicatrisation stromale</i>	p. 15
3. <i>La cicatrisation endothéliale et descemétique</i>	p. 15
VII. La nutrition	p. 15
VIII. La transparence cornéennes	p. 16
Partie B : La cataracte et la kératopathie bulleuse du pseudophaque	p. 17
I. La cataracte	p. 17
1. <i>Définition</i>	p. 17
2. <i>L'opération</i>	p. 17
II. La kératopathie bulleuse du pseudophaque	p. 18

Partie C : Les greffes cornéennes	p. 20
I. La législation	p. 20
1. <i>Les établissements autorisés</i>	p. 20
2. <i>Le médecin préleveur</i>	p. 20
3. <i>La sélection des donneurs</i>	p. 21
4. <i>L'équipe de transplantation</i>	p. 21
II. Les différents types de greffes	p. 22
1. <i>La kératoplastie transfixiante à but optique</i>	p. 22
2. <i>La kératoplastie lamellaire à but optique</i>	p. 22
3. <i>Les autres types de greffes cornéennes</i>	p. 23
III. Les kératoplasties lamellaires postérieures : les greffes endothéliales	p. 24
1. <i>Le principe des greffes endothéliales</i>	p. 24
2. <i>Les indications et contre-indications opératoires</i>	p. 25
3. <i>Les différentes types de kératoplasties postérieures</i>	p. 25
4. <i>L'opération</i>	p. 27
5. <i>L'organisation post-opératoire</i>	p. 28
Partie D : La vision des contrastes	p. 30
I. Définitions	p. 30
1. <i>Le contraste global et le contraste local</i>	p. 30
2. <i>La sensibilité au contraste</i>	p. 31
II. Support anatomo-physiologique	p. 31
1. <i>L'œil : organe de réception et de transformation de l'information visuelle</i>	p. 31
2. <i>Les voies visuelles : analyse de l'information visuelle</i>	p. 33
III. Les différents examens évaluant la sensibilité au contraste	p. 33
1. <i>Définition</i>	p. 33
2. <i>Réalisation d'un examen</i>	p. 34
3. <i>Tests de sensibilité au contraste spatial</i>	p. 35
4. <i>Tests de la sensibilité au contraste temporel</i>	p. 38
IV. Les facteurs influençant la vision des contrastes	p. 39
V. Les indications au test de vision des contrastes	p. 39
3. PARTIE CLINIQUE	p. 41
I. Objectif	p. 41
II. Matériels et méthodes	p. 41
1. <i>Population étudiée</i>	p. 41
2. <i>Examen de la vision des contrastes</i>	p. 42
III. Résultats	p. 43
1. <i>Description de la population</i>	p. 43
2. <i>Analyse de la vision des contrastes</i>	p. 43

IV. Discussion p. 49
 1. Résultats concernant la sensibilité au contraste p. 49
 2. Limites et biais p. 49

4. CONCLUSION p. 51

5. BIBLIOGRAPHIE p. 52

6. ANNEXES p. 55

Résumé

Objectif :

Les personnes, développant une kératopathie bulleuse après l'intervention de la cataracte, se retrouvent gênés dans leur quotidien de par la détérioration de la vision et l'altération de la perception des contrastes. Cette étude permet d'évaluer la qualité de vision de personnes ayant subi une greffe endothéliale de type DMEK suite à une kératopathie bulleuse du pseudophaque.

Matériels et Méthodes :

Cette étude inclue 18 patients dont 18 yeux greffés, ayant développés une kératopathie bulleuse du pseudophaque et traités par une greffe de type DMEK, réalisée dans le service Ophtalmologique du CHU G. Montpied de Clermont-Ferrand de juillet 2014 à septembre 2016.

Le groupe des patients greffés est divisé en trois catégories en fonction de leur Acuité Visuelle (AV) : 8 yeux avec une AV comprise entre 0,1 et 0 LogMAR (groupe 1), 5 yeux avec une AV comprise entre 0,3 et 0,1 LogMAR (groupe 2) et 5 yeux avec une AV inférieure à 0,3 LogMAR. (groupe 3).

Un groupe de 11 yeux avec une AV entre 0,1 et 0 LogMAR constitue le groupe témoin. Ces patients ont seulement été opérés de la cataracte et sont pseudophaques.

Parallèlement à la prise d'acuité visuelle, un examen de la vision des contrastes a été réalisé avec le test *VCTS-6500 de Vistech*. Pour le groupe des patients greffée, le test s'est déroulé au moins 6 mois après la greffe.

Résultats :

Nous pouvons observer que globalement les valeurs de la sensibilité au contraste sont similaires entre le groupe témoin et le groupe 1 avec une moyenne de $21,4 \pm 4,2$ pour le groupe des témoins et de $20,9 \pm 6,9$ pour le groupe 1.

Nous avons pu aussi remarquer que la sensibilité au contraste diminue d'autant plus que l'acuité visuelle baisse avec une moyenne de $20,9 \pm 6,9$ pour le groupe 1, de $12 \pm 3,7$ pour le groupe 2 et de $4,8 \pm 8,7$ pour le groupe 3.

Conclusion :

Les patients greffés avec la technique DMEK possèdent une qualité de vision similaire à des personnes n'ayant aucun problème cornéen. La vision des contrastes est tout de même corrélée à l'acuité visuelle recouvrée en post-opératoire.

Mots clé : vision des contrastes, DMEK, greffe endothéliale, kératopathie bulleuse du pseudophaque

Abstract

People developing bullous keratopathy after cataract surgery are embarrassed everyday with impaired vision and altered perception of contrast.

Purpose :

To evaluate patient quality vision with endothelial graft (DMEK) after a pseudophakic bullous keratopathy.

Methods :

This study involved 18 patients, so 18 grafted eyes, with pseudophakic bullous keratopathy and treated by a DMEK graft that performed in the ophthalmological service at Clermont-Ferrand hospital between July 2014 and September 2016.

Grafted patient were separated into 3 groups according to their visual acuity (VA) : 8 eyes with VA \leq between 0,1 and 0 LogMAR (group 1), 5 eyes with VA between 0,3 and 0,1 LogMAR (group 2) and 5 eyes with VA lower than 0,3 LogMAR (group 3).

In comparison, 11 eyes with cataract surgery and pseudophakic with a VA between 0,1 and 0 LogMAR formed the control group.

Besides the VA examination, perception of contrast test was performed 6 months after the grafted eyes.

Results :

The results showed that perception of contrast values was similar between the control group and group 1 with an average of $21,4 \pm 4,2$ for the control group and $20,9 \pm 6,9$ for group 1.

We also noticed that contrast decreased all the more so as visual acuity declined of $20,9 \pm 6,9$ for group 1, $12 \pm 3,7$ for group 2 and $4,8 \pm 8,7$ for group 3.

Conclusion :

Grafted patients with DMEK technic have a similar quality of vision than the people without corneal problem. There is no doubt that contrast vision is connected to visual acuity recovery in postoperative follow-up.

Key words : contrast vision, DMEK, endothelial graft, pseudophakic bullous keratopathy

1. INTRODUCTION

La fonction visuelle regroupe un ensemble de capacités complexes permettant l'analyse de stimuli visuels. La plus connue des fonctions est la fonction maculaire qui se mesure par la prise d'acuité visuelle. C'est la vision centrale et fine. Elle mesure le pouvoir séparateur de l'œil au contraste maximal. Cependant elle ne reste qu'un pan de la perception visuelle.

La vision des contrastes représente un élément essentiel dans la qualité de la vision. Elle est évaluée subjectivement par les patients dans la vie quotidienne. Elle reste cependant rarement testée en clinique ophtalmologique

Plusieurs maladies oculaires peuvent altérer les fonctions de sensibilité au contraste. Dans mon mémoire, je m'intéresse à l'état de cette qualité de vision après une greffe endothéliale (DMEK) suite à une complication de l'opération de la cataracte, appelé la kératopathie bulleuse du pseudophaque. Il entre en continuité avec la thèse de Caroline Maurin-Benoist D'azy, « *Greffe endothéliale par Descemet Membrane Endothelial Karatoplasty (DMEK) : Analyse d'une variante de découpe du greffon endothelio-descemetique* » ⁽¹⁾.

Pour répondre à cette problématique, ce mémoire aborde le parcours du patient avec la description des différentes étapes auxquelles il est confronté.

Dans un premier temps, nous aborderons les notions anatomiques et physiologiques de la cornée dans son état sain.

Nous évoquerons ensuite la chirurgie de la cataracte, opération la plus réalisée en ophtalmologie ; Ce qui nous amènera à définir la kératopathie bulleuse du pseudophaque, une complication invalidante qui atteint l'endothélium cornéen.

Puis nous enchaînerons avec le développement des greffes de cornée en partant de la kératoplastie transfixiante pour arriver à la technique de greffe endothéliale de type DMEK.

Pour finir, cette partie détaillera la vision des contrastes, avec une partie traitant du support anatomo-physiologique et une autre définissant les tests.

Dans un deuxième temps, nous développerons la partie clinique où nous détaillerons la population étudiée.

En suivant, nous analyserons les résultats recueillis lors du test de sensibilité au contraste. Nous aborderons enfin la discussion.

Dans une ultime partie, nous finirons par la conclusion dégagée de cette étude.

2. PARTIE THÉORIQUE

A. Anatomie et physiologie de la cornée

L'œil est composé des trois tuniques :

- la tunique interne ou nerveuse : la rétine,
- la tunique centrale et vascularisée : la l'uvée (iris, corps ciliaire et choroïde),
- la tunique externe et protectrice : la sclérotique (sclère et cornée).

Cette dernière se transforme en avant en une paroi transparente : la cornée. La zone de transition entre la sclérotique et la cornée est le limbe scléro-cornéen.

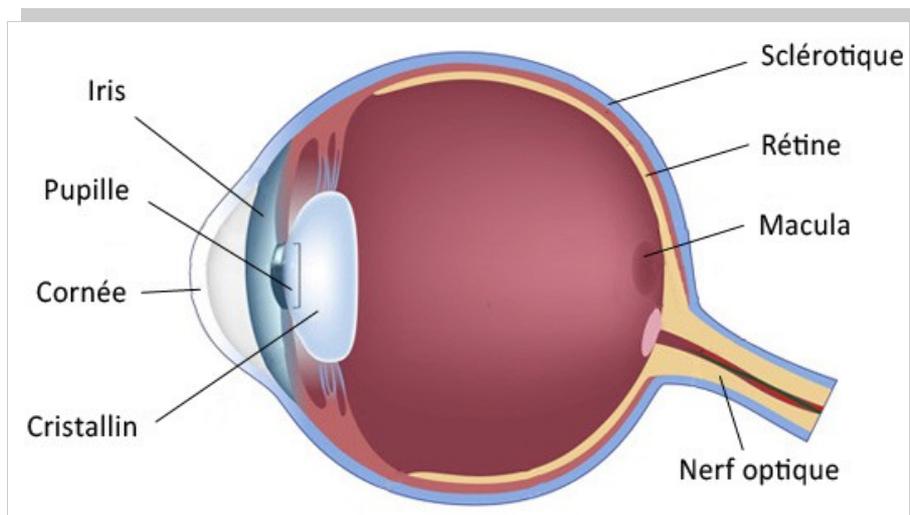


Fig. 1 – Schéma de l'œil ⁽²⁾

La cornée est un tissu avasculaire et transparent. Elle représente le premier dioptré du système optique oculaire. Elle assure les deux tiers du pouvoir réfractif de l'œil. Grâce à sa transparence, elle permet alors de laisser passer la lumière, c'est un élément important pour la vision.

Elle a aussi un rôle de barrière anatomique et physiologique protectrice envers les structures internes de l'œil.

I. Anatomie macroscopique ^{(2), (3)}

La cornée est de forme légèrement elliptique et convexe avec un axe horizontal, mesurant de 11 à 12 mm, supérieur à l'axe vertical, mesurant de 9 à 11 mm. Ces mesures sont variables suivant les individus (le diamètre est plus petit chez la femme) et de l'âge (le diamètre définitif est atteint vers six ans).

La cornée a une forme asphérique et prolate (elle est plus bombée au centre qu'à la périphérie). Son épaisseur augmente progressivement du centre, 520µm, vers la périphérie, 700µm.

La cornée est formée de deux faces : la face antérieure ou externe et la face postérieure ou interne.

- La face antérieure est recouverte par le film lacrymal, en contact avec l'extérieur.
- La face postérieure est au contact de l'humeur aqueuse.

La courbure de la cornée est définie par les rayons de courbures :

- rayon de courbure antérieur vertical : 7,7 mm
- rayon de courbure antérieur horizontal : 7,8 mm
- rayon de courbure postérieur vertical : 6,6 mm
- rayon de courbure postérieur horizontal : 6,2 mm

II. Anatomie microscopique ^{(2), (3), (4), (5)}

La cornée est composée de cinq couches successives parallèles entre elles (Fig. 2) :

- l'épithélium cornéen
- la membrane de Bowman
- le stroma
- la membrane de Descemet
- l'endothélium

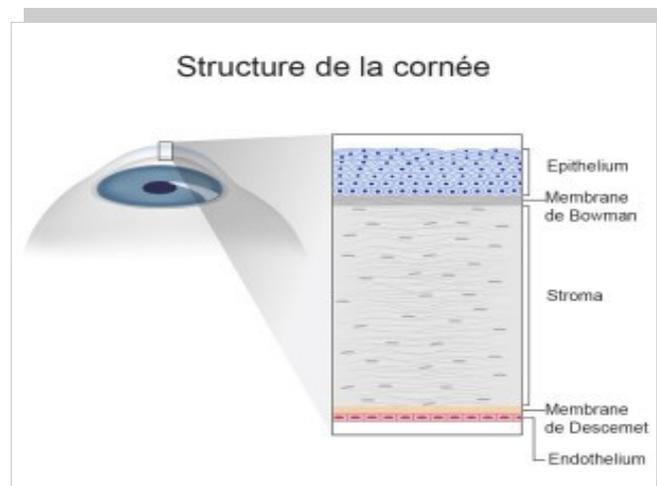


Fig. 2 – Schéma des couches de la cornée ⁽⁶⁾

Nous aborderons aussi le limbe scléro-cornéen et le film lacrymales qui assurent une rôle important auprès de la cornée.

1) L'épithélium cornéen

L'épithélium cornéen est un épithélium pavimenteux stratifié non kératinisé. Il repose sur la membrane de Bowman par intermédiaire de la membrane basale. Il a une épaisseur de 50µm environ représentant 10% de l'épaisseur totale cornéenne. Il est indissociable du film lacrymal dont le rôle est de limiter son évaporation.

L'épithélium est formé de cinq à sept couches réparties en trois parties (Fig. 3) : l'assise basale, intermédiaire et superficielle, reposant sur une membrane basale.

- **L'assise basale** permet le renouvellement de l'épithélium du à la capacité des cellules à pourvoir réaliser la mitose (division cellulaire).
- **L'assise intermédiaire** (deux à trois couches cellulaires) représente un état de transition entre les cellules basales et les cellules superficielles.
- **L'assise superficielle** est formée de deux à trois couches de cellules. Ce sont les cellules les plus différenciées de l'épithélium cornéen. Elle permet l'adhérence et l'échange de nutriment avec le film lacrymal par la présence de microvillosités.
- **La membrane basale** est formée à partir des cellules épithéliales et constitue la séparation entre la membrane de Bowman et l'épithélium cornéen. Son rôle est de contribuer au maintien de l'architecture des tissus et de support pour l'adhésion cellulaire.

L'épithélium joue un rôle de protection mécanique, de barrière envers les micro-organismes.

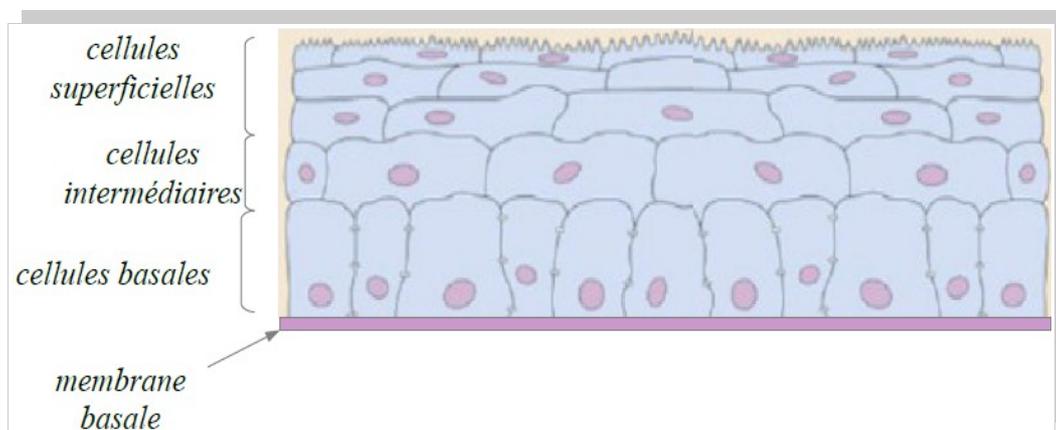


Fig. 3 – Schéma de l'épithélium cornéen

2) La membrane de Bowman

C'est une structure acellulaire composée de fibrilles de collagènes dans la substance fondamentale. La membrane a une épaisseur de 10 µm. Elle sépare l'épithélium du stroma. Elle est synthétisée par les cellules basales de l'épithélium.

3) Le stroma cornéen

Le stroma cornéen représente 90% du tissu cornéen avec une épaisseur de 500 μm environ. Il est avasculaire et se compose essentiellement d'une matrice extra-cellulaire, de kératocytes et de fibres nerveuses (les cellules de Schwann) (Fig. 4).

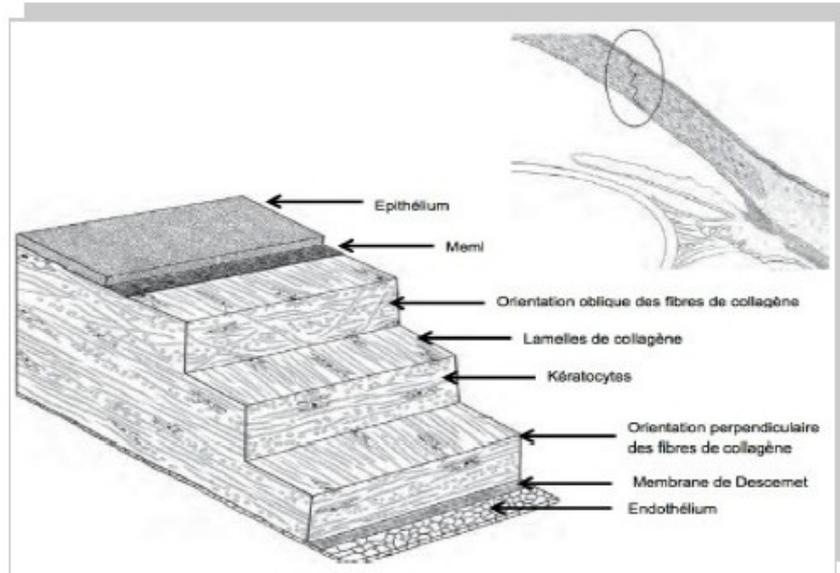


Fig. 4 – Schéma du stroma cornéen

La matrice extra-cellulaire, est composée en grande partie d'eau (80% du stroma), de lamelle de collagène et de protéoglycanes. Le collagène est assemblé en lamelles qui sont superposées entre elles parallèlement à la surface de la cornée. Cette composition régulière est essentielle pour la transparence de la cornée. Cet agencement lamellaire permet le maintien de la courbure de la cornée et assure de meilleures fonctions optiques.

La stroma a donc un rôle important dans la transparence de la cornée mais aussi dans la résistance mécanique à la pression intraoculaire.

4) La membrane de Descemet

La membrane de Descemet est la membrane basale de l'endothélium cornéen, transparente, résistante, amorphe et élastique. Elle est acellulaire. Cette membrane sépare l'endothélium du stroma.

Son épaisseur est de 5 à 20 μm , cela augment avec l'âge mais aussi dans certaines pathologies.

Cette membrane est sécrétée par l'endothélium. Elle est constituée de fibrilles de collagène réparties dans une matrice de glycoprotéines (ensemble macromoléculaire composé de protéines et de glucides).

L'élasticité de la cornée est due aux propriétés de la membrane de Descemet. Elle permet de résister à la pression oculaire et d'assurer le maintien de la structure de l'œil.

5) L'endothélium

L'endothélium cornéen se situe à la face postérieure de cornée, directement en contact avec l'humeur aqueuse. Il se présente comme une couche monocellulaire formée de cellules hexagonales, régulières et organisées en "nid d'abeille", d'une épaisseur de 5µm.

À la naissance, la densité cellulaire est 7 000 cellules/mm², pour en arriver au nombre de 3 500 cellules/mm² environ chez un jeune adulte (Fig.5). Leur nombre diminue avec l'âge, avec une perte de 0,6% par an. En cas de traumatisme ou après une intervention chirurgicale, les cellules endothéliales n'ayant pas la capacité de se diviser, s'étalent et augmentent en volume pour combler l'espace laissé. Lorsque la densité cellulaire devient inférieure à 1 000 cellules/mm² (Fig. 6), la fonction de l'endothélium ne peut être maintenue et il perd alors sa transparence. La structure est en état de turgescence (la cornée se gorge d'eau).



Fig. 5 – Microscopie spéculaire d'un endothélium sain



Fig. 6 – Microscopie spéculaire d'un endothélium pathologique (le comptage cellulaire n'a pas pu être réalisé)

La fonction essentielle de l'endothélium est de réguler l'hydratation cornéenne pour maintenir constant les 78% d'eau dans le stroma. Il évacue l'eau de stroma. Il évacue l'eau du stroma en excès vers l'humeur aqueuse.

6) Le limbe scléro-cornéen

Le limbe scléro-cornéen est la frontière anatomique entre la périphérie cornéenne avasculaire et transparente et la sclère opaque recouverte par la conjonctive richement vascularisée. C'est une zone charnière entre la sclérotique, la cornée périphérique, l'uvéa et la conjonctive.

Sur le plan fonctionnel, le limbe a un rôle métabolique, immunitaire et de nutrition. Le limbe est impliqué dans la régulation de l'inflammation de la surface oculaire et dans le renouvellement de l'épithélium de la cornée.

7) Le film lacrymal ⁽⁷⁾

Le film lacrymal est l'interface entre l'œil et le monde extérieur. Il recouvre la face antérieure de la cornée. Il a différentes fonctions telles la lubrification, la réfraction, la défense antimicrobienne et l'alimentation en oxygène et nutriments de la cornée.

Le film lacrymal est structuré en trois couches : une couche lipidique, une couche aqueuse et une couche mucinique.

- **La couche lipidique**

C'est la couche la plus superficielle qui joue un rôle dans la protection de la surface oculaire (limitation de l'évaporation des larmes), la lubrification entre la cornée et les paupières lors du clignement, l'amélioration des qualités optiques et la protection de la cornée des corps étrangers.

- **La couche aqueuse**

C'est la couche intermédiaire et constitue la majorité du film lacrymal. Cette couche est composée principalement d'eau mais aussi de gaz dissous (oxygène). Elle a un rôle important de protection et de nutrition de la cornée.

- **La couche mucinique**

La dernière couche est la couche profonde mucinique. Elle adhère aux cellules de l'épithélium cornéen. Les principales fonctions de la couche mucinique sont la lubrification, l'hydratation et l'élimination des germes pathogènes.

III. Les propriétés optiques de la cornée ^{(4), (5)}

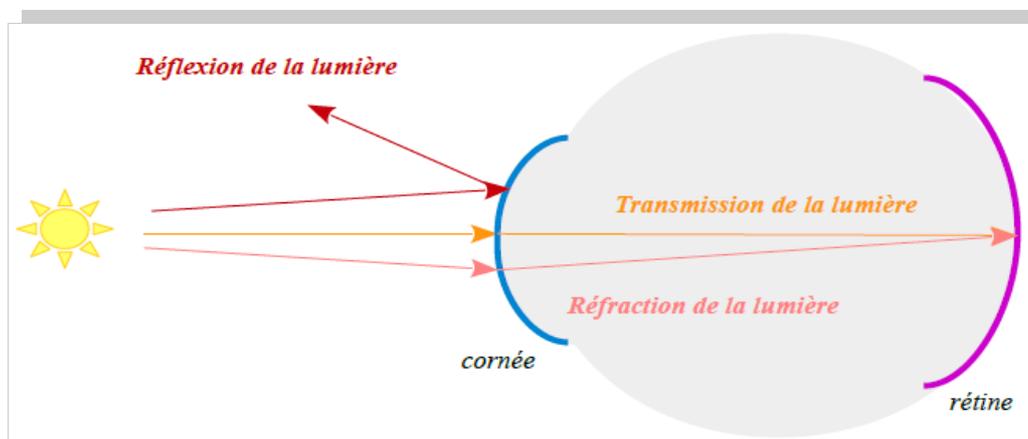


Fig. 7 - Schéma des propriétés optiques de la cornée

1) La transmission de la lumière

Le taux de transmission de la cornée est de plus de 85% lorsque les longueurs d'onde sont comprises entre 300 et 2 500 nm surtout dans le spectre de la lumière visible (compris entre 400 et 750 nm) (Fig.7). Au contraire, les longueurs d'onde situées dans l'ultraviolet sont absorbées par la cornée. Une déperdition résiduelle est due à des phénomènes de diffusions et de réflexions.

2) La réfraction de la lumière

La réfraction est un phénomène optique observé lorsque des rayons lumineux traversent un milieu vers un autre. Ce rayon est alors dévié en fonction de la nature des milieux et de leur indice de réfraction, noté n (Fig. 7).

La cornée est le premier dioptré que rencontre les rayons lumineux au contact de l'œil. Il représente 2/3 du pouvoir réfractif total (60 δ) soit +43 δ en moyenne. Elle se comporte comme une lentille convergente.

Ce dioptré se décompose en deux parties :

- la face antérieure qui possède un grand pouvoir réfractif de +48 δ ,
- la face postérieure avec un pouvoir réfractif moindre d'une valeur de -5 δ .

La puissance de la cornée s'explique par :

- son rayon de courbure qui est plus importante que celui du cristallin (non accommodé),
- la grande différence d'indice de réfraction entre celui de la cornée ($n = 1,376$) et l'air ($n = 1,00$) (alors que l'interface entre l'humeur aqueuse et le cristallin est 10 fois moins importante).

L'aspect régulier de l'épithélium est donc essentiel à la qualité de vision.

En prenant une surface sphérique, le pouvoir de réfraction est plus important à la périphérie qu'au centre, ce qui génère des aberrations sphériques. Cependant, la cornée étant asphérique et de forme prolata (le rayon de courbure augmente en périphérie) dans 80% des cas, ces aberrations sont réduites.

3) La réflexion de la lumière

Une partie de la lumière est réfléchiée quand elle arrive sur la cornée (Fig.7). La cornée se comporte alors comme un miroir convexe. La qualité du film lacrymal et la régularité de la surface cornéenne garantissent une réflexion de la lumière optimale.

4) La diffusion de la lumière

La diffusion est l'interaction des rayons lumineux avec la matière. Celle-ci est négligeable dans des conditions physiologiques normales mais augmente lors d'œdème de la cornée.

IV. L'immunologie⁽⁸⁾

La cornée est un tissu avascularisé conférant à celle-ci un site privilégié pour les transplantations. La cornée est catégorisée comme un site de "privilège immunologique". Ce terme désigne certaines parties de l'organisme (les yeux, les organes reproducteurs, le système nerveux central) qui tolèrent la présence d'antigène et ce sans induire de réponse immunitaire inflammatoire. Ils possèdent une barrière importante et une réponse immunitaire atténuée.

Pour la cornée, ce phénomène est connu sous le nom de "déviation immunitaire associée à la chambre antérieure de l'œil" (ACAID). L'ACAID a pour but de maintenir la transparence des milieux en évitant une réaction inflammatoire oculaire trop importante pouvant aboutir à l'autodestruction de l'œil.

Grâce à ce phénomène immunologique, le taux de réussite des greffes cornéennes est supérieur à celui des autres transplantations d'organe avec un faible risque de rejet. Les taux de survie du greffon est de 85 à 90% à 2 ans.

V. L'innervation cornéenne ^{(3), (4), (5)}

La cornée est un tissu richement innervé du à la présence de nombreuses terminaisons nerveuses avec 70 à 80 faisceaux nerveux dont la densité diminue du centre vers la périphérie.

Ces terminaisons nerveuses sont situées au niveau de l'épithélium, de la partie antérieure et moyenne du stroma. La membrane de Descemet, l'endothélium et la partie postérieure du stroma sont peu innervées.

1) L'innervation sensitive

L'innervation sensitive est assurée par les nerfs ciliaires issus de la branche ophtalmique du nerf trijumeau (le V^{ème} nerf crânien). Elle permet de déclencher le réflexe cornéo-palpébral qui assure un rôle de protection et de l'étalement du film lacrymal.

Cette sensibilité diminue avec l'âge mais aussi lors d'atteinte du nerf V, d'infections cornéennes herpétiques, de traumatismes ou de chirurgie de la cornée ou du port de lentille de contact.

2) L'innervation sympathique adrénérgique

L'innervation sympathique dépend du ganglion cervical par l'intermédiaire des nerfs nasociliaires et des nerfs ciliaires courts et longs. Cette innervation joue un rôle peu connu.

VI. La cicatrisation cornéenne ⁽⁹⁾

La réparation tissulaire de la cornée est complexe car les mécanismes de cicatrisation diffèrent suivant les couches. La mise en jeu des différentes lignées cellulaires présentes engendre des vitesses de cicatrisation variables selon la couche atteinte par la lésion.

Les lésions entraînant une cicatrisation sont variées. Elles peuvent être mécanique (plaie ou opération chirurgicale), chimique, thermique, physique (rayonnement ultraviolets solaires ou de rayonnements lasers).

Lors d'une lésion, il se déclenche un processus de mort cellulaire. Elle induit alors une réaction inflammatoire et va donc initier le processus de cicatrisation. Nous aborderons séparément la cicatrisation épithéliale, la cicatrisation stromale et la cicatrisation endothéliale même si lors d'une agression cornéenne, ces différentes actions vont s'effectuer en parallèle. Il est important de rappeler que la membrane de Bowman ne se reconstitue jamais.

1) Le renouvellement de l'épithélium cornéen

Le renouvellement épithélial se base sur les cellules basales des bords de la zone lésée et les cellules souches limbiques. Nous avons donc une migration et une réalisation de mitose en parallèle environ 6 heures après la lésion. Ensuite, les cellules se différencient pour former les couches intermédiaires et superficielles de l'épithélium. Finalement, la membrane basale se reforme, permettant la reconstruction des complexes d'adhésion.

Ce processus est sous la régulation des facteurs de croissance : des précurseurs de EGF (*epidermal growth factor*). Ils sont sécrétés par les glandes lacrymales en réponses à la lésion. Ils favorisent la prolifération des cellules épithéliales et par la même la régénération de l'épithélium.

La cicatrisation épithéliale est rapide, allant de quelques heures à quelques jours. Cependant elle va durer jusqu'à 6 mois si la membrane basale est détruite. De même, que le temps de cicatrisation sera rallongé si une pathologie épithéliale endommage déjà le tissu comme les dystrophies.

2) La cicatrisation stromale

Dans le stroma, ce sont les kératocytes qui jouent un rôle important dans la cicatrisation. Après une lésion, les kératocytes à proximité de la zone endommagée, meurent. Cependant, une migration de kératocytes voisins, induite par l'épithélium, se met en place. La migration et la prolifération des kératocytes sont favorisées par plusieurs facteurs de croissance comme EGF.

Dans les premières heures, les vaisseaux limbiques, l'humeur aqueuse et le film lacrymal apportent des globules blancs et des cellules anti-inflammatoires.

Sur les bords de la lésion, certains kératocytes se différencient en myofibroblastes et forment un réseau périphérique permettant la coaptation des berges de la plaie, appelé la contraction kératocytaire.

La cicatrisation du stroma prend plusieurs années.

3) La cicatrisation endothéliale et descemetique

L'endothélium ne subit pas une cicatrisation à proprement dite. Les cellules endothéliales n'ont pas la capacité de se diviser. De ce fait, nous pouvons observer une migration cellulaire mais aussi le phénomène le plus visible : l'augmentation du volume des cellules voisines à la lésion permettant d'occuper l'espace. La membrane de Descemet a besoin de deux ans pour être reconstituée entièrement.

VII. La nutrition ^{(3), (4)}

La cornée est un tissu avasculaire, donc les nutriments ne peuvent être véhiculés par le sang jusqu'à celle-ci. D'autres mécanismes sont donc mis en place pour subvenir au besoin nutritionnel de la cornée. Elle reçoit l'apport nutritionnel par l'intermédiaire du limbe, des larmes et de l'humeur aqueuse.

La voie trans-endothéliale permet l'acheminement d'éléments à partir de l'humeur aqueuse suivant deux systèmes :

- par le transport actif (nécessite de l'énergie) pour le glucose et l'eau,
- par le transport passif (non dépendant d'énergie) pour de petites molécules à faibles poids moléculaires et les gaz comme l'oxygène.

La voie trans-épithéliale est perméable aux substances liposolubles et à l'oxygène en provenance d'une membrane lacrymale mais forme une barrière aux éléments hydrosolubles.

La vascularisation limbique assure la nutrition de la cornée périphérique.

VIII. La transparence cornéenne ^{(3), (9)}

La transparence de la cornée est la caractéristique principale de ce tissu. Plusieurs éléments sont à prendre en compte :

- l'agencement régulier des fibres de collagène, si cet agencement est perturbé, le stroma perd sa transparence,
- l'hydratation cornéenne,
- l'absence de vascularisation,
- la faible densité en cellules.

L'hydratation de la cornée joue un rôle primordial dans la transparence de celle-ci.

La régulation de l'hydratation cornéenne

L'épithélium joue un rôle relatif dans la déturgescence de la cornée en réduisant l'évaporation et l'absorption d'eau contenue dans les larmes.

La transparence de la corne est dépendante de l'état de déturgescence du stroma. Celui-ci a tendance à s'imbiber d'eau en provoquant un appel d'eau de l'humeur aqueuse vers celui-ci. L'épaisseur du stroma augmente et provoque une modification de la transparence de la cornée. Les propriétés optiques sont alors altérées et l'acuité visuelle chute.

L'endothélium joue un rôle majeur dans le maintien de l'état de déturgescence de la cornée (état de déshydratation). L'évacuation de l'excès du stroma vers l'humeur aqueuse se fait grâce à un mécanisme de pompe active : la pompe active Na^+/K^+ ATPase. Celle-ci expulse du sodium, Na^+ vers l'humeur aqueuse et libère du potassium, K^+ dans la cellule endothéliale. Cette pompe est dépendante d'énergie sous forme d'adénosine tri-phosphate (ATP). Cela crée un gradient osmotique qui assure la déshydratation du stroma, l'eau suit les mouvements du sodium. Cette pompe est présente sur la membrane des cellules endothéliales.

C'est la déturgescence du stroma qui régule l'hydratation de la cornée et assure une épaisseur idéale à la cornée pour sa fonction visuelle.

B. La cataracte et la kératopathie bulleuse du pseudophaque

I. La cataracte

1) Définition

La cataracte est une pathologie du cristallin. Celui-ci s'opacifie et entraîne une baisse de la vision de plus en plus importante au cours de l'évolution de la pathologie.

On différencie :

- **la cataracte sénile** : elle représente la majorité des cataractes. Elle apparaît aux alentours de 70 ans par l'altération du cristallin.
- **la cataracte secondaire** : elle est le résultat d'une complication lors de traumatisme, d'une maladie (uvéite, myopie forte...), du diabète ou suite à la prise de certains traitements (exemple : prise à longue durée de corticoïde).
- **la cataracte congénitale**, aussi nommée cataracte de l'enfant : elle est présente dès la naissance et résulte d'une malformation du cristallin avec des étiologies variées comme les embryofetopathies (toxoplasmose, rubéole), les anomalies chromosomiques ou les formes héréditaires.

Les signes fonctionnels retrouvés sont :

- une baisse de l'acuité visuelle progressive
- une photophobie
- une diplopie monoculaire
- le patient se plaint d'un voile devant l'œil

2) L'opération

L'opération de la cataracte est la chirurgie oculaire la plus couramment effectuée. L'acuité visuelle, avec la correction optique, détermine le seuil à partir duquel un patient peut se faire opérer. L'acuité visuelle doit être inférieure à 6/10^{ème}.

L'opération consiste à enlever le cristallin opaque et le remplacer par un implant qui joue le même rôle réfractif.

Il existe plusieurs types d'implants :

- **les implants de chambre postérieure** : ils sont placés dans le sac qui contenait le cristallin (la capsule cristallinienne) ou le sulcus ciliaire. Ce sont les implants les plus fréquemment utilisés.
- **les implants de chambre antérieure** : ils sont indiqués lors de la rupture ou de la fragilité de la capsule. Ils sont placés entre la cornée et l'iris.

La puissance de l'implant à poser est déterminé par la biométrie.

Comme toute chirurgie, elle comporte un certains nombres de complications comme la cataracte secondaire (opacification de la capsule postérieure), le décollement de rétine, l'œdème maculaire, l'infection.

Des complications cornéennes peuvent également apparaître : elles restent rares mais constituent une indication fréquente de greffe cornéenne. On parle alors de kératopathie bulleuse du pseudophaque.

II. La kératopathie bulleuse du pseudophaque ⁽¹⁰⁾

La **kératopathie bulleuse du pseudophaque** est aussi appelée **œdème du pseudophaque**. C'est une affection cornéenne acquise suite à une opération chirurgicale de la cataracte, en particulier avec des implants de chambre antérieure, qui provoque une décompensation endothéliale.

Après une opération de la cataracte, l'endothélium subit une perte systématique de cellules endothéliales causée par le traumatisme de la cornée, particulièrement durant les trois premières mois. Son taux de perte annuel est plus important que le taux d'une personne saine (0,6%). La diminution de la densité endothéliale n'a pas de répercussion visuelle sur une cornée saine. En revanche, en dessous du seuil de 500 cellules/mm², le risque de développer un œdème est quasiment inévitable. L'endothélium perd sa fonction de pompe et la cornée se gorge d'eau perdant ainsi sa transparence. Le patient se retrouve dans une situation inconfortable due à la chute de l'acuité visuelle qui peut s'accompagner de douleurs et de photophobie.

Plusieurs éléments peuvent contribuer à créer une insuffisance endothéliale pathologique :

- une insuffisance avérée en pré-opératoire, pathologies pré-existantes de l'endothélium,
- le traumatisme opératoire peut suffire à lui seul à provoquer une diminution de la densité endothéliale : l'incision (taille, emplacement), les ultrasons aux environs de l'endothélium,
- le contact entre un implant et l'endothélium : plus les deux éléments sont proches, plus le risque de créer un œdème cornéen est important. On retrouve ce cas de figure avec les implants de chambre antérieure. Ils sont en contact au niveau de l'angle irido-cornéen. L'impact de l'implant a d'autant plus d'effet néfaste que celui-ci n'est pas correctement placé,
- la présence intraoculaire d'un élément étranger (implant) engendre la détérioration des tissus sur le long terme : avec la technologie actuelle, l'implant a une grande biocompatibilité avec l'œil mais elle reste imparfaite.

L'apparition de l'œdème après la chirurgie est très aléatoire. Il peut être précoce ou survenir après un intervalle libre pouvant survenir après quelques années voir plusieurs dizaines d'années. Pour les implants de chambres antérieures, le délai d'apparition est en moyenne de 5 ans.

L'œdème de cornée se présente :

- **au niveau de l'épithélium** par la présence de vésicules au niveau de sa surface et une diminution de la densité de cellules de l'assise basale. À un stade plus évolué, l'épithélium desquame et on observe la formation de bulles sous-épithéliales (responsable de forte douleur),
- **au niveau du stroma** par l'observation d'une légère altération,
- **au niveau de la membrane de Descemet** par la présence de plis,
- **au niveau de l'endothélium** par une diminution progressive de la densité endothéliale et de l'augmentation volumétrique des cellules jusqu'à devenir rare, pouvant aboutir à la disparition de l'endothélium. Cette couche étant la première atteinte, le diagnostic se fait alors à partir de l'observation de cette zone de la cornée,
- **au niveau de la pachymétrie** par une augmentation de l'épaisseur de la cornée.

Un œdème peut se manifester aussi bien avec un implant de chambre antérieure qu'avec un implant de chambre postérieure.

Avant toute chirurgie de la cataracte, il est primordial d'analyser de l'état de l'endothélium de la cornée (densité normale : 3 500 cellules/mm²). En per-opératoire, il est nécessaire de protéger l'endothélium (produits de protection viscoélastique).

L'unique traitement de la kératopathie bulleuse du pseudophaque est la greffe cornéenne. Les greffes transfixiantes ont été pratiquées en premier lieu, puis au fil des années, et suite à des avancées techniques et technologiques, avec les greffes endothéliales pures.

C. Les greffes cornéennes

La greffe de cornée est la plus fréquente et la plus anciennes de greffes. La première greffe fut réalisée par E. Zirm le 5 décembre 1905. Depuis 4 000 à 4 500 greffes sont effectuées chaque année en France ⁽¹¹⁾. La greffe cornéenne rencontre un taux de succès élevé grâce au site immunitaire privilégié et à l'évolution des techniques qui ont permis d'atteindre une meilleure qualité de vision.

I. La législation ^{(12), (13), (14), (15)}

En France, la greffe de cornée est réglementée au même titre que toutes les activités de transplantation d'organes et de tissus. Les lois de bioéthiques du 29 juillet 1994 ⁽¹⁶⁾ et du 6 août 2004 ⁽¹⁷⁾ définissent un cadre législatif précis et les objectifs principaux :

- le respect de la personne décédée,
- la sécurité sanitaire avec traçabilité des prélèvements,
- la transparence de l'activité.

L'anonymat entre le receveur et le donneur est un des principes fondamentaux de la transplantation de tissu ou d'organe avec la gratuité du don.

1) Les établissements autorisés

Le prélèvement d'organe et de tissu doit s'effectuer dans des établissements de santé remplissant des conditions définies par le décret 97-306 du 1^{er} avril 1997 ⁽¹⁸⁾. L'autorisation de prélèvement est attribuée à l'établissement par le Directeur de l'Agence Régionale de l'Hospitalisation suite à l'avis du Directeur Général de l'Établissement Français des Greffes. Cette autorisation est délivrée pour cinq ans.

2) Le médecin préleveur

Le médecin préleveur est celui qui effectue le prélèvement. Il engage sa responsabilité :

- **pénale** : une infraction est commise par le fait d'obtenir le prélèvement contre paiement, de réaliser l'opération dans un établissement non autorisé et du non respect des règles de sécurité sanitaires.
- **civile** : lors d'un dommage subi par le receveur du fait de la greffe, un lien de cause à effet entre la faute commise par le médecin est recherché dans le but de pourvoir à des moyens de réparation (versement de dommages et intérêts).

Il doit être joignable à toute heure (durant son service ou en dehors). Il lui sera nécessaire alors de :

- vérifier la réalisation réglementaire du constat de mort,
- vérifier le dossier médical du donneur,
- veiller au respect du cadre légal et réglementaire du prélèvement,
- réaliser un prélèvement sanguin afin de chercher des marqueurs biologiques d'infections (VIH 1 et 2, virus de l'hépatite B et C, syphilis),

- veiller à la qualité de la restauration du corps : la cornée prélevée est alors remplacé par une lentille transparente,
- assurer de remplir la fiche médicale du donneur,
- assurer la conformité du conditionnement du greffon et à sa transmission au centre de conservation autorisé.

3) La sélection des donneurs

La sélection des donneurs relève de la responsabilité du médecin préleveur. Des critères de sélection des donneurs ont été proposées par les associations des banques des yeux européenne (*European Eye Bank Association, EEBA*) et américaine (*Eye Bank Association of America, EBAA*).

La sélection des donneurs est une étape importante dans la transplantation d'organe. Elle permet de protéger le receveur contre de possible transmission de maladies infectieuses, telles que les hépatites et le VIH.

Les contre-indications locales au prélèvement du greffon sont :

- les inflammations oculaires aiguës : conjonctivite, uvéite,
- les pathologies cornéennes : dystrophies cornéennes, kératocônes...,
- les antécédents de chirurgie au niveau du segment antérieur : chirurgie réfractive, chirurgie de la cataracte ou du glaucome,
- les tumeurs du segment antérieur,
- le rétinoblastome,
- le mélanome choroïdien lorsqu'il y a un envahissement du trabéculum par la chambre antérieure (possibilité de présence de mélanocytes tumoraux au niveau de l'endothélium).

Le gérotoxon (arc sénile) ne représente pas une contre – indication au prélèvement. De même que l'âge avancé du donneur n'influence pas la survie du greffon.

4) L'équipe de transplantation

La transplantation cornée peut s'effectuer dans tout établissement de santé possédant le matériel et les compétences humaines nécessaire à cet acte.

Le patient en attente de greffe est inscrit sur la liste nationale d'attente, de sécurité microbiologique et de traçabilité.

Le médecin greffeur est dans l'obligation de donner les informations adéquates concernant les risques de l'acte chirurgical (annexe 1).

II. Les différents types de greffes

Il existe plusieurs catégories de greffes cornéennes :

- la kératoplastie transfixiante
- la kératoplastie lamellaire antérieure profonde
- la kératoplastie lamellaire postérieure : DSAEK, DMEK
- les autres greffes : kératoplastie à but architectural et thérapeutique, la greffe du limbe, la greffe de membrane amniotique, la thérapie cellulaire

1) La kératoplastie transfixiante à but optique ^{(15), (19), (20)}

C'est la première greffe réalisée par Zirm en 1905.

Le principe de la kératoplastie transfixiante est de remplacer l'entière épaisseur de la cornée du receveur. C'est l'une des greffes les plus fréquemment réalisées.

La cornée du receveur est trépanée dans toute son épaisseur sur un diamètre central. Un greffon de diamètre identique est ensuite déposé puis suturé à la cornée réceptrice (Fig. 8 et Fig. 9). En post-opératoire, l'acuité visuelle récupère lentement du fait d'un astigmatisme important induit par les points.

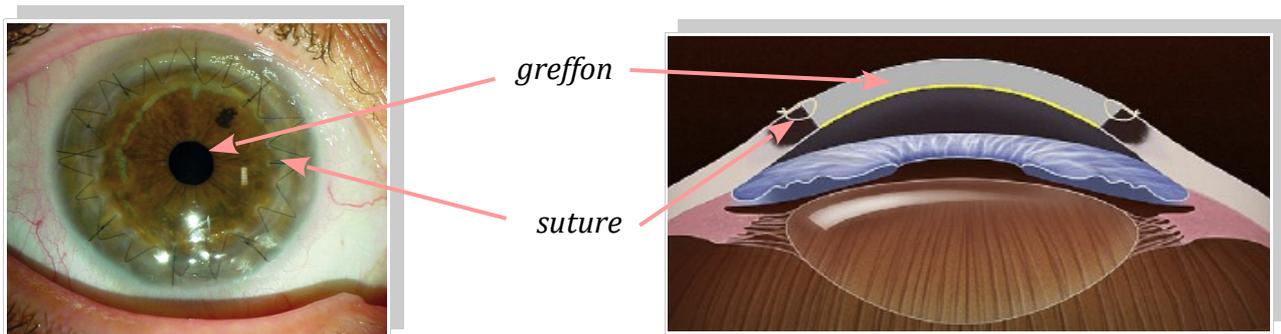


Fig. 8 – Greffe transfixiante à 6 mois

Fig. 9 – Schéma d'une greffe transfixiante : ablation de la totalité de l'épaisseur de la cornée, remplacée par un greffon sain

2) La kératoplastie lamellaire à but optique ^{(15), (19), (21)}

a) La kératoplastie lamellaire antérieure profonde (KLAP)

Le principe de la kératoplastie lamellaire profonde est de greffer le stroma antérieur et l'épithélium du greffon. La membrane de Descemet et l'endothélium du receveur sont laissés en place.

Une trépanation non transfixiante d'une profondeur d'environ 75% est réalisée. Le greffon, dépourvu de sa membrane de Descemet, est suturé à la cornée du receveur.

Cette technique est envisagée lorsque l'endothélium du receveur est sain comme dans les kératocônes. Cependant, la kératoplastie transfixiante reste la technique de référence.

b) La kératoplastie lamellaire antérieure automatisée

Le principe de cette greffe consiste à réaliser une découpe lamellaire automatisée de la cornée réceptrice et du greffon.

L'épaisseur de l'ablation et du greffon sont définies en fonction de l'épaisseur de la cornée et de la profondeur des opacités cornéennes. La technique de la kératoplastie lamellaire automatisée est dérivée du *LASIK*.

3) Les autres types de greffes cornéennes

a) La kératoplastie à but architectural et thérapeutique⁽²²⁾

Le principe de cette technique, dite aussi kératoplastie "à chaud" est de remplacer une partie du tissu cornéen en urgence afin de conserver anatomiquement le globe oculaire. Elle ne représente qu'une faible partie de greffes réalisées de l'ordre de moins de 3%. C'est une greffe d'urgence concernant les infections aiguës, les inflammations graves ou lors d'une perforation avérée. Le traitement médical uniquement ne suffit pas à contrôler l'évolution de la pathologie.

b) La greffe du limbe⁽¹⁵⁾

Pour la greffe du limbe, deux techniques peuvent être utilisées :

- l'autogreffe consiste à utiliser un greffon issu de l'œil sain du patient afin d'être utilisé pour l'œil pathologique.
- l'allogreffe désigne le fait de réaliser une greffe avec le tissu provenant d'une autre personne. Le greffon provient alors d'une banque de tissu.

Ces deux techniques peuvent être réalisées dans le cadre d'insuffisance limbique faisant suite à des brûlures oculaires chimiques ou thermiques, du syndrome de Steven-Johnson, de ptérygion.

c) La greffe du membrane amniotique humaine⁽¹⁵⁾

Pour cette intervention, le tissu greffé est la membrane présente entre le placenta et le liquide amniotique. Les propriétés anti-inflammatoire de ce tissu, ajouté aux facteurs de croissance qu'il contient, lui confère un taux de réussite de l'ordre de 70 à 90%.

Cette greffe est réalisée lors de pathologies épithéliales cornéennes (kératopathie bulleuse, ulcères cornéens) et conjonctivales (ptérygion).

d) La thérapie cellulaire^{(15), (23)}

Cette technique consiste à transplanter le greffon obtenu après culture de cellules souches dans le but de rétablir la fonction du tissu.

Deux techniques sont possibles :

- l'autogreffe : les cellules prélevées sont issues du patient, la tolérance du greffon est optimale.
- l'allogreffe : les cellules proviennent de donneur et la tolérance est une problématique importante pouvant amener à des phénomènes de rejet. La compatibilité entre receveur et donneur est non négligeable pour réaliser cette greffe.

Cette technique est une pratique récente et en cours de développement. Plusieurs essais cliniques sont en cours pour lutter contre la DMLA en utilisant des cellules souches embryonnaire de la rétine ou bien pour lutter contre la Dystrophie de Stargardt en utilisant des cellules épithéliales pigmentaires rétiniennes.

À ce jour, seule la thérapie de cellules souches limbiques est autorisée par les autorités de santé.

III. Les kératoplasties lamellaires postérieures : les greffes endothéliales⁽¹¹⁾

L'idée d'une greffe lamellaire en remplacement de la greffe transfixiante, greffe de référence, a été évoquée il y a plus de 60 ans. C'est en 1950 que Barraquer effectue la première kératoplastie lamellaire postérieure (KLP). Elle consiste en l'ablation du stroma profond et de l'endothélium de la cornée pathologique. La KLP représente une alternative à la greffe totale dans toutes les pathologies de l'endothélium cornéen, sans suture. Cependant peu de patients ont été greffés avec cette technique. Le résultat visuel restait mitigé.

C'est en 1998 que Melles réalise la première greffe endothéliale. De cette base, plusieurs améliorations techniques sont apportées à la chirurgie initiale.

L'avancée majeure est la réalisation, en 2002, d'un descemetorhexis. Il consiste en une dissection de la membrane de Descemet et de l'endothélium de la cornée pathologique uniquement.

Suite à cela, Gorovoy expose une nouvelle technique : la *Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty* (DSAEK). L'utilisation d'un microkératome permet alors une découpe automatisée du greffon.

En 2006, Melles présente la *Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty* (DMEK) où seuls la membrane de Descemet et l'endothélium sont retirés de la cornée réceptrice, sans aucune fibre stromale. Elle est considérée comme une greffe endothéliale pure.

1) Le principe des greffes endothéliales

Ce type de greffe concerne uniquement la partie la plus postérieure de la cornée : la membrane de Descemet et l'endothélium. Le stroma postérieur était impliqué dans les premières techniques de greffe endothéliale.

Les greffes endothéliales permettent de limiter les complications pouvant apparaître en post-opératoire suite à des actes chirurgicaux plus lourds comme la kératoplasty transfixiante. Elles permettent de conserver au maximum la topographie cornéenne. L'ablation totale de la cornée n'est plus nécessaire pour certaines indications de greffe (la kératopathie bulleuse du pseudophaque).

2) Les indications et contre-indications opératoires

a) *Les indications*

Les pathologies endothéliales représentent 40 à 60% des indications de greffe de cornée ⁽¹¹⁾. Les affections endothéliales traitées par ce système sont la dystrophie de Fuchs, la kératopathie bulleuse du pseudophaque ou de l'aphaque, les reprises de greffes.

La dystrophie de Fuchs est une maladie génétique bilatérale. On parle de *Fuchs endothelial dystrophy (FED)*. Son évolution est lente et reste asymptomatique plusieurs dizaines d'années. On retrouve une perte progressive des cellules endothéliales pouvant aboutir à la disparition de l'endothélium.

La kératopathie bulleuse est un développement irréversible d'un œdème de cornée résultant d'un endommagement de l'endothélium. Cela s'explique par un traumatisme subit par l'endothélium survenant à la suite d'une chirurgie comme la chirurgie de la cataracte. On parle alors de kératopathie bulleuse du pseudo-phaque ou de l'aphaque. Avec de nouvelles techniques opératoires, cette indication de greffe a diminué significativement. Cependant cela reste toujours une complication possible de l'opération de la cataracte.

b) *Les contre-indications*

Les contre-indications sont rares. On note les hypotonies oculaires, les autres pathologies cornéennes entraînant une opacité limitant la récupération visuelle en post-opératoire.

3) Les différents types de kératoplasties postérieures

a) *La kératoplastie lamellaire postérieure (DLEK, Deep Lamellar Endothelial Keratoplasty)*

Le principe de la kératoplastie lamellaire postérieure est de greffer une partie du stroma postérieur avec la membrane de Descemet et l'endothélium (Fig.10). Le greffon apposé est de même épaisseur que la partie découpée.

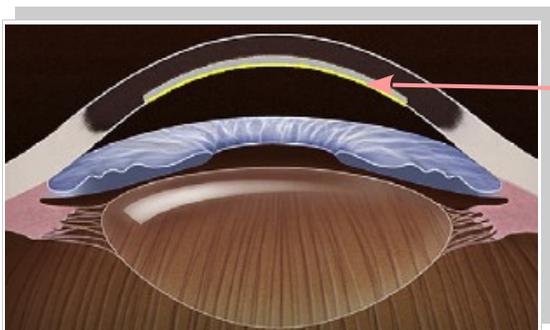


Fig. 10 – Schéma d'un greffon avec une intervention de type DLEK

Retrait du stroma postérieur avec la membrane de Descemet et de l'endothélium, remplacés par un greffon comprenant les mêmes éléments issus d'un donneur

Différentes techniques opératoires sont décrites dans la littérature.

La kératoplastie lamellaire postérieure est une technique peu utilisée avec des résultats peu concluants. Le résultat visuel de cette technique reste mitigé. La comparaison avec les autres techniques est peu concluante.

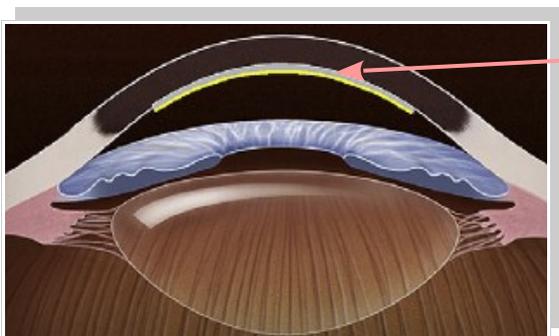
b) La Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty : DSAEK

Entre 2004 et 2006, une nouvelle technique de dissection de la cornée réceptrice, *Descemet stripping* en anglais, apparaît et consiste à n'enlever que l'endothélium et la membrane de Descemet. On parle alors de *Descemet Stripping Endothelial Keratoplasty* (DSEK) où le greffon du donneur est préparé manuellement. Cette technique a ensuite évolué en *Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty* (DSAEK).

Pour cette technique, la découpe du greffon se fait automatiquement à l'aide d'un microkératome (outil chirurgical) sur une chambre antérieure artificielle. Le greffon a une épaisseur de 200 à 250 μm . Celui-ci est composé de la membrane de Descemet avec l'endothélium mais aussi une partie du stroma (Fig.11).

Une alternative à l'épaisseur du greffon est proposée portant le nom de *Ultrathin DSAEK* (UT-DSEAK). Le greffon a alors une épaisseur inférieure à 130 μm . Une étude démontre que la faible épaisseur de l'UT-DSAEK permet de récupérer une meilleure acuité visuelle en post-opératoire ⁽²⁴⁾.

Cependant la technique ne conserve pas l'anatomie de la cornée et crée une interface stromale qui limite la récupération visuelle.



Greffon comprenant la structure descemeto-endothéliale avec une partie du stroma de la cornée du donneur

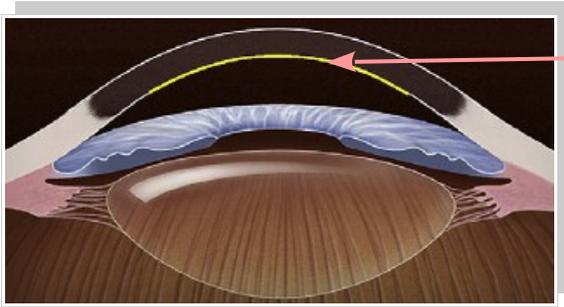
Fig. 11 – Schéma d'un greffon lors de l'utilisation de la technique DSAEK

c) La Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty : DMEK ⁽²⁵⁾

La greffe de type DMEK a pour but d'enlever uniquement la membrane de Descemet et l'endothélium pathologiques (sans fibres stromales) pour être remplacés par un greffon semblable, issu d'une cornée saine (Fig. 12). On parle alors de greffe endothéliale pure. L'épaisseur du greffon est plus mince que les techniques décrites précédemment.

L'absence de stroma dans la greffe évite tout syndrome d'interface en post-opératoire engendrant une récupération visuelle limitée, retrouvé dans les chirurgies des type DSAEK. La récupération visuelle se trouve donc améliorée ⁽²⁶⁾.

L'assimilation de cette technique s'est fait plus lentement de part la difficulté technique : la préparation, la manipulation et l'accolement du greffon à la cornée réceptrice sans endommager celui-ci. Le greffon est préparé manuellement, le geste demande un temps d'apprentissage.



*Greffon de type DMEK :
transplantation de l'élément
descemeto-endothélial*

Fig. 12 – Schéma illustrant une greffon après une DMEK

4) L'opération ⁽²⁸⁾

a) Préparation du greffon

Le greffon cornéo-scléral est placé dans un trépanateur, la face endothéliale est présentée vers le haut. Un effet de succion est créée à l'aide d'une seringue pour éviter tout mouvement au greffon. La limite de l'endothélium est mis en évidence par une solution colorée au bleu trypan.

L'étape suivante est la découpe du greffon. L'élément endothélio-descemetique est séparé (*stripping*) manuellement du stroma sur toute sa surface. Il est ensuite placé dans une cartouche d'implantation, immergé dans une solution conservatrice. Le greffon est enroulé sur lui-même avec l'endothélium à l'extérieur.

b) L'intervention

L'opération se déroule sous anesthésie générale.

Une première incision est pratiquée au limbe, appelée incision de service (paracentèse). L'endothélium pathologique est séparé du stroma : c'est le **descemetorhexis** (Fig. 14).

Une seconde incision est réalisée, c'est l'incision principale. Elle permet l'injection du greffon par l'intermédiaire d'une canule en verre. L'endothélium injecté est déroulé précautionneusement avec l'endothélium orienté vers le bas (Fig. 15). Le greffon est centré et plaqué sur le stroma postérieur par une bulle d'air (Fig. 16). Lors de cet acte, il est nécessaire de limiter la manipulation du greffon afin de réduire la perte de cellules endothéliales.

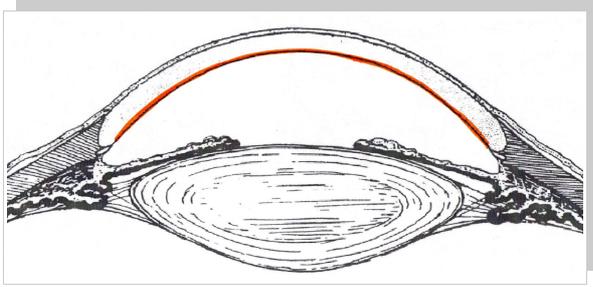


Fig. 13 - Schéma d'une cornée avec l'endothélium mis en évidence

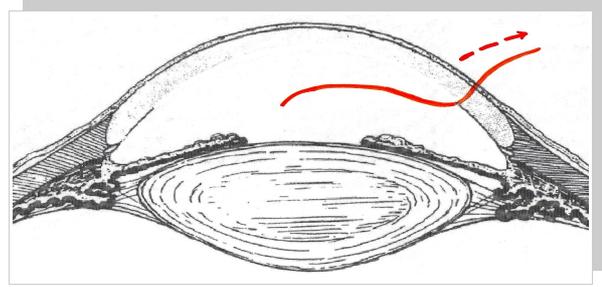


Fig. 14 - 1^{ère} étape de l'intervention : réalisation d'un descemetorhéxis

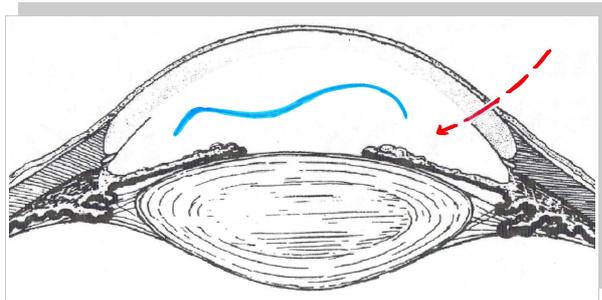


Fig. 15 - Insertion du greffon

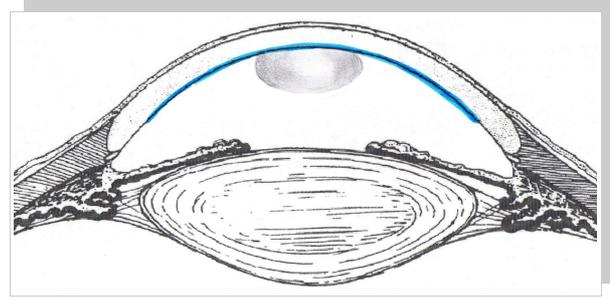


Fig 16 - Injection d'un bulle d'air afin de plaquer le greffon contre le stroma postérieur

5) L'organisation post-opératoire

a) Le positionnement du patient en post-opératoire

Le patient est maintenu en décubitus dorsal (allongé sur le dos) après l'opération. Durant les trois jours d'hospitalisation, la patient doit prendre cette position pendant 15 minutes toutes les heures. Cela permet à la bulle d'air de plaquer le greffon à la cornée jusqu'à la résorption de celle-ci.

b) Le traitement

Un collyre antibiotique associé à des corticoïdes sont prescrits. Leur administration est peu à peu réduite.

Du Mydriaticum[®] (collyre mydriatique à base de tropicamide) est administré au patient après l'intervention et tout au long de son hospitalisation afin d'éviter tous blocage pupillaire.

Un traitement topique (ciclosporine de 1% ou 2%) visant à réduire la réaction immunitaire peut être préconisé pour les patients à risque de rejet.

c) Le suivi post-opératoire

Le patient fait l'objet d'un suivi régulier. Il est fondamental dans le pronostic des greffes afin de relever tout signe de complications, qui sont pour la plupart réversibles. Le premier suivi se fait dès le lendemain de l'opération et tout au long de l'hospitalisation.

Ensuite, les visites de contrôle s'espacent progressivement dans le temps : à la fin de la première semaine, puis entre la 2^{ème} et la 4^{ème} semaine et enfin tout les 2 à 3 mois et cela pendant un an. Après la première année, le suivie peut s'espacer tout les 6 mois voir tout les ans, en fonction de l'état du greffon et la stabilité anatomique et fonctionnelle de la cornée.

La fréquence des contrôles s'adapte en fonction de la l'évolution post-opératoire de la greffe, de l'apparition éventuelle de complication et de la disponibilité des patients.

Durant les visites de contrôle, plusieurs examens sont réalisés afin de contrôler tous les éléments permettant de suivre l'évolution de la greffe :

- la meilleure acuité visuelle corrigée de loin (échelle de Monoyer) et de près (échelle de Parinaud),
- l'examen de la lampe à fente, il permet de prendre compte position du greffon, décollement éventuel, analyse de l'œdème cornéen,
- le fond d'œil,
- la tension intraoculaire à aplanation,
- la mesure de l'épaisseur du greffon par l'OCT (Tomographie par Cohérence Optique) du segment antérieur,
- la microscopie spéculaire : mesure de la densité des cellules endothéliales du greffon,
- la kératométrie moyenne (km),
- le réfractomètre automatique.

b) Les complications

Les complications de la greffe endothéliale sont mineures.

En per-opératoire, la préparation du greffon et son placement se révèle être une étape ardue et nécessité une période d'apprentissage.

En post-opératoire plusieurs complications sont possibles :

- le décollement du greffon représente la complication la plus rencontrée en post-opératoire. Le taux de décollement est compris entre 4% et 50% suivant l'expérience du chirurgien (ce taux à tendance à diminuer avec la pratique)⁽¹¹⁾. Sur l'étude réalisée à Clermont- Ferrand par Caroline Benoist d'Azy, on retrouve un taux de 56% sur le total des opérations effectuées (64 yeux greffés) alors que dans l'étude de Price et Price, on comptabilise un taux de 6% (pour les 64 derniers cas).
- l'altération du greffon lors de sa manipulation : mal centré, plis.
- la perte de cellules endothéliales est très variable en fonction de la préparation et de la manipulation du greffon. Un greffon plié engendre une perte plus important de cellules. La manipulation est dépendante de l'expérience du chirurgien.
- le rejet de greffe, l'hypertonie oculaire, le blocage pupillaire, l'endophtalmie, la cataracte sont des complications possibles mais qui restent rares.

D. La vision des contrastes ^{(29), (30)}

I. Définitions

La perception visuelle regroupe un ensemble de capacités telles que l'appréciation des détails, la perception des couleurs, des formes, du mouvements et du reliefs, permettant l'analyse de stimuli visuel ; La perception des contrastes en fait partie.

Le contraste est la discrimination des variations de luminance entre des surfaces adjacentes.

La luminance est une grandeur physique qui correspond à l'intensité lumineuse d'une surface, se mesurant en candela par mètre carré (cd/m^2).

Le contraste fait partie intégrante de l'image projetée sur la rétine et quantifie la différence de luminosité entre les parties claires et sombres d'une image (Fig. 17). La perception de l'objet observé est dépendante de la différence entre cet objet et le fond lumineux.



Fig. 17 – Présentation de carrés dont le fond central est constant

1) Le contraste global et le contraste local

On distingue 2 types de contrastes :

- **Le contraste global** (C_m) ou contraste de modulation d'une image (défini par Michelson)
Il représente la différence entre le maximum de luminance des bandes claires (L_{max}) et le minimum de luminance des bandes sombres (L_{min}), rapportée à la somme des deux luminances (Fig. 18). Il s'exprime en pourcentage et est utilisé pour mesurer la fonction de sensibilité au contraste.

$$C_m = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}}$$

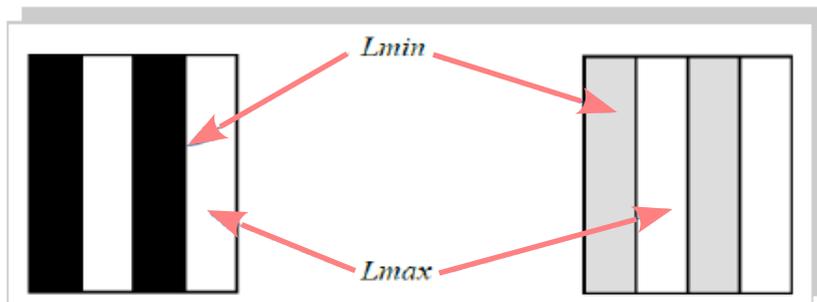


Fig. 18 – Test à fort contraste (90%) et test à faible contraste (90%)

- **Le contraste local (C_w)**

Il est utilisé pour les optotypes à contrastes variables (Fig. 19) ou en photographie (on parle alors de piqué). Le contraste local est défini par la loi de Weber-Fechner et s'exprime en pourcentage.

$$C_w = \frac{L_{zone} - L_{fond}}{L_{fond}} \quad \text{où } L_{zone} \text{ correspond à la luminances de l'optotype et } L_{fond} \text{ à la luminance du fond}$$

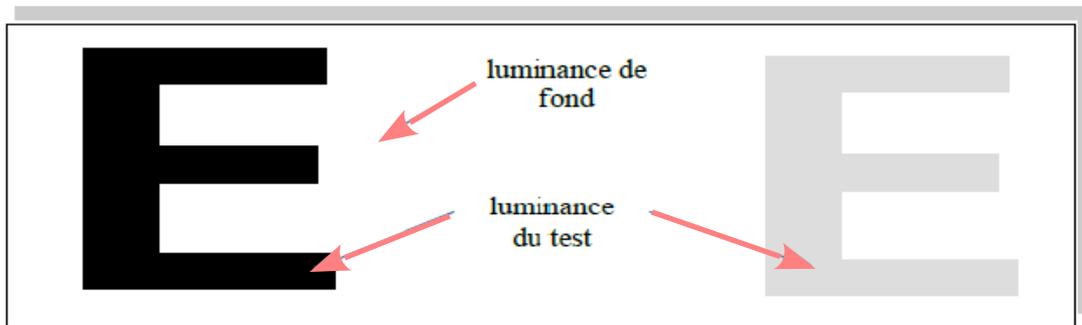


Fig. 19 – Optotypes à fort (90%) et faible (10%) contraste

2) La sensibilité au contraste

La sensibilité au contraste (S) est l'inverse du contraste soit :

$$S = 1/C_m \quad \text{où } C_m \text{ est le contraste global}$$

Elle est utilisée pour les représentations graphiques de la fonction de sensibilité au contraste. Cette formule est plus rigoureuse car la seule variable présente, est le contraste. Elle permet de définir les limites du domaine visible et les possibilités de discrimination du contraste.

Il existe deux types de sensibilités au contraste :

- **la sensibilité au contraste spatial**, sur présentation d'un stimulus statique
- **la sensibilité au contraste temporel**, sur présentation d'un stimulus en dynamique

II. Support anatomo – physiologique

La reconnaissance du signal lumineux passe par différentes étapes dont la première, est son arrivé à l'œil et enfin à sa transmission et son intégration par les neurones des voies visuelles.

1) L'œil : organe de réception et de transformation de l'information visuelle

La lumière pénètre dans l'œil par le segment antérieur composé de la cornée et du cristallin. Ces deux dioptries oculaires ont pour finalité la convergence et la focalisation des rayons lumineux sur la rétine.

Au niveau rétinien, deux zones se répartissent le traitement de l'information lumineuse de manière structurée et organisée :

- **La vision centrale :**

Elle s'occupe de la vision fine avec une résolution spatiale élevée, mesurée par l'acuité visuelle, une fréquence spatiale élevée et une vision des couleurs fines par analyse des longueurs d'ondes.

- **La vision périphérique :**

Elle est le support des résolutions spatiales faibles, de la réception des basses et moyennes fréquences spatiales, du champ visuel et de la perception du mouvement.

Les cellules rétiniennes sont organisées en champs récepteurs spécifiques à chaque constituant de la lumière. Cette organisation se fait au niveau des cellules ganglionnaires de la rétine. Les champs récepteurs sont agencés de manière concentrique.

Ils sont de deux types (Fig. 20) :

- un champ récepteur composé d'un centre répondant en présence de stimuli lumineux, appelé champ récepteur ON-center ou centre excitateur,
- un champ récepteur qui, à l'opposé, se compose d'un centre stimulé à l'extinction de stimuli lumineux, appelé champ récepteur OFF-center ou centre inhibiteur.

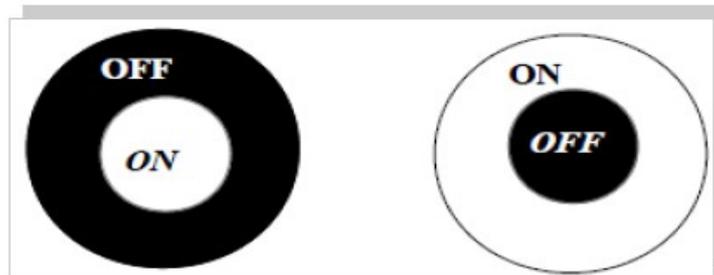


Fig. 20 – Champ récepteur ON-center et champ récepteur OFF-center

A partir des champs récepteurs, le rayon lumineux qui stimule les cellules ganglionnaires engendre un potentiel d'action. Celui-ci sera différent en fonction de la fréquence spatiale et du contraste de la stimulation.

La sensibilité au contraste spatial est analysée par les cellules ganglionnaires nommées X et W, la sensibilité au contraste temporel par les cellules ganglionnaires nommées Y.

Au niveau de la rétine, les différentes composantes du signal lumineux sont analysées par un canal spécifique :

- un canal traitant les informations concernant la perception des formes
- un canal sensible aux informations de la perception des couleurs
- un canal permettant la perception des mouvements
- un canal actif aux différences de luminances pour l'intensité lumineuse

L'image est décomposée par l'addition de réseaux sinusoïdaux de contrastes variables, appelé transformation de Fournier (procédé mathématique de segmentation d'une structure, ici la lumière, en ses composants sinusoïdaux).

L'information lumineuse, ainsi partitionnée par la rétine, va être transmise aux centres supérieurs au travers de ces canaux.

2) Les voies visuelles : analyse de l'information visuelle

L'information est traitée par plusieurs systèmes : le corps géniculé latéral, le cortex occipital, le colliculus supérieur.

La projection des cellules ganglionnaires se fait de manière spécifique :

- Les cellules ganglionnaires X se projettent sur les noyaux du corps géniculé latéral,
- Les cellules ganglionnaires Y se projettent, en plus du corps géniculé latéral, sur les colliculus supérieurs,
- Les cellules ganglionnaires W se projettent sur les colliculus supérieurs seulement.

a) Le corps géniculé latéral

C'est une structure d'origine thalamique, et lieu de synapse entre les cellules ganglionnaires de la rétine avec les cellules thalamo-corticales (qui vont se projeter au niveau du cortex occipital).

b) Le cortex occipital

Il s'agit du cortex visuel primaire. Il reçoit les influx nerveux du corps géniculé latéral passant par les radiations optiques. C'est à ce niveau que l'image décomposée par la rétine en ses composantes sinusoïdales, va être reconstituée et surtout analysée grâce aux aires visuelles.

c) Le colliculus supérieur

C'est une structure bilatérale, sous-corticale se situant à proximité du tronc cérébral. Il a pour rôle d'orienter les récepteurs sensoriels de la tête vers des centres d'intérêts. Les informations parvenant au colliculus sont visuelles, auditives, olfactives, réticulaires, cérébelleuses ou prétectales. La multiplicité des informations permet alors de coordonner les mouvements de la tête avec le regard en fonction des stimuli perçus. Le colliculus supérieur intervient dans l'oculomotricité et plus précisément dans l'initiation des saccades.

III. Les différents examens évaluant la sensibilité au contraste

1) Définition

Ce sont un test psychophysique qui permettent d'évaluer la capacité du système visuel en termes de discrimination spatiale, temporelle et du mouvement à contraste variable. Ces tests déterminent ce qui appartient du domaine du visible ou de l'invisible (Fig. 21).

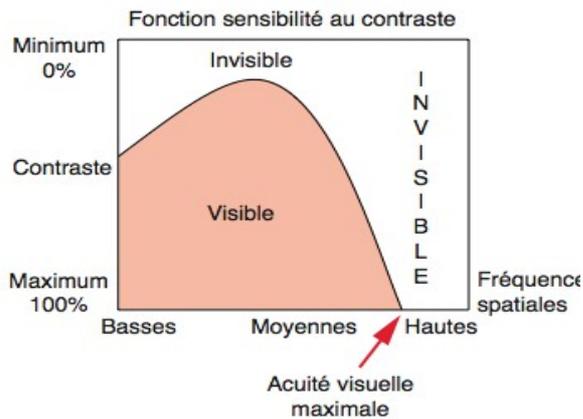


Fig. 21 – Enveloppe de la vision
 Sous la courbe de sensibilité au contraste se situe le domaine visible, au-dessus de la courbe, il s'agit du domaine non visible. À l'intérieur de l'enveloppe de vision sont contenus tous les éléments fréquentiels auxquels sont sensibles les canaux analyseurs

Cet examen est complémentaire de l'acuité visuelle. Les deux techniques ne reposent pas sur les mêmes analyses de la fonction visuelle.

2) Réalisation d'un examen

Pour la réalisation d'un examen, plusieurs paramètres sont à prendre en compte :

- la présentation de réseau : utilisation du même test,
- la participation du sujet : l'examen reste une évaluation subjective,
- la distance de l'examen : elle doit être constante,
- la réalisation de l'examen se fait en vision monoculaire,
- les conditions ambiantes comme l'éclairage de la pièce, la position du patient, le bruit ambiant, doivent être constantes afin de pouvoir effectuer une comparaison entre l'examen du patient et une base de référence.

il existe différentes techniques de mesure des seuils de perception :

- **La méthode descendante** : elle consiste à présenter un réseau de taille définie (à une fréquence spatiale donnée), avec un contraste maximal qui est peu à peu diminué jusqu'au seuil de perception (il devient imperceptible).
- **La méthode ascendante** : c'est l'inverse de la technique précédente. Un réseau à contraste imperceptible est présenté au patient puis est augmenté progressivement le contraste.
- **La méthode de "choix forcé"** : pour cette technique, la praticien présente des réseaux de contrastes de plus en plus faible et demande au patient d'indiquer une caractéristique du réseau aperçu (si le réseau est vertical, orienté vers la droite ou vers la gauche). Cette technique est plus rigoureuse que les deux autres.

Il existe différents support permettant l'évaluation la vision des contrastes :

- Un ordinateur créant des **réseaux sur un écran** (Fig. 22) : c'est le support permettant d'avoir les résultats les plus précis. Pour débiter, le praticien présente sur l'écran des réseaux avec un contraste faible puis il l'augmentons progressivement jusqu'à être perçu par le patient. Celui-ci appuie alors sur la sonnette. L'inconvénient de cet examen est son coût relativement important.



Fig. 22 – Simulateur en vision de près de métrovision ⁽³¹⁾

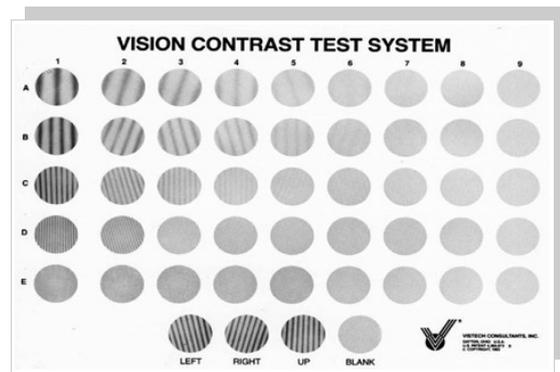


Fig. 23 – Planche de contraste en vision de loin de Vistech

- Une **planche** présentant des réseaux imprimés sous forme de tableau (Fig. 23) : en ligne le contraste s'atténue tout en gardant la fréquence spatiale constante, et en colonne, la fréquence spatiale diminue tout en gardant le contraste constant. Cet examen a un coût plus abordable mais il est moins précis.
- Des **planches d'optotypes** : elles sont identiques à celles utilisées pour la mesure de l'acuité visuelle mais le contraste des caractères présentés varie. Ce sont des planches pour la vision de près. Il est utilisé en basse vision pour évaluer les capacités visuelle résiduelle de personnes malvoyante. Pour certain test, il est facile de ce le procurer sur internet comme le test de sensibilité au contraste de Pelli-Robson (annexe 2).
- un **écran d'optotypes** (Fig. 24) : les tests visuels sont présentés en vision de loin sur un écran LCD. Le contraste des optotypes peut être modifié en seulement quatre niveaux de contraste : 100, 25, 12 et 6%.

Fig. 24 – Présentation d'optotypes sur écran LCD avec un contraste 100% à gauche et un contraste 25% à droite



3) Tests de la sensibilité au contraste spatial

La fonction de sensibilité spatiale permet de déterminer les limites du domaine visible par le patient et les possibilités de discrimination du contraste.

a) Principe

L'examen se présente sous forme d'un réseau sinusoïdal stimulant un canal d'analyse spécifique. C'est une alternance de bandes blanches et noires. Pour un fort contraste, les bandes noires sont très foncées alors que les bandes blanches sont très claires. Au contraire, pour un contraste faible, la différence de l'intensité lumineuse entre les deux types de bandes est plus faible.

Il est caractérisé par :

- **Sa fréquence spatiale** : elle est définie par l'épaisseur des bandes, exprimée en nombre de cycle par degré d'angle visuel. Un cycle est formé le nombre de paire de bande blanche-noire . Les bandes larges représentent les basses fréquences spatiales alors que les bandes fines, les hautes.
- **Son orientation** : si il est présenté à l'horizontale, en vertical ou en oblique.
- **Sa position** dans le champ visuel.

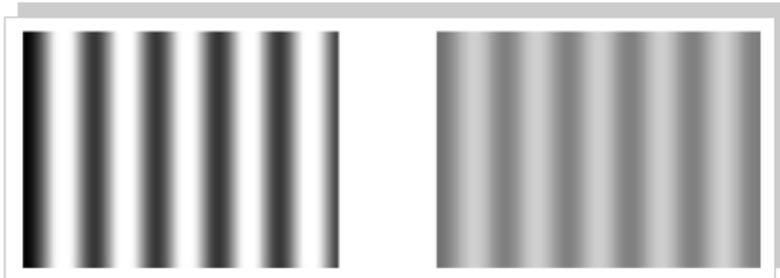


Fig. 25 – Réseaux dont le contraste diminue

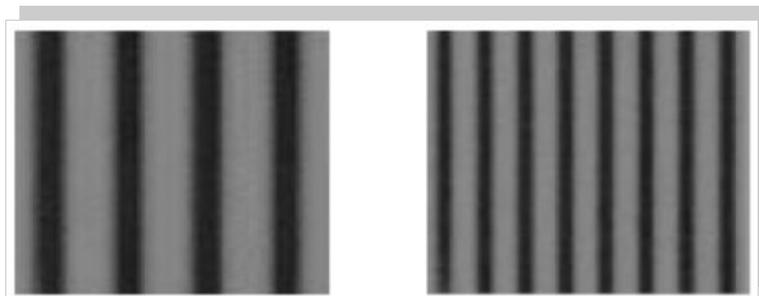


Fig. 26 – Réseaux dont la fréquence spatiale augmente

Face au patient, le réseau généré a une fréquence spatiale fixe. Le contraste va varier jusqu'à l'apparition d'une grille, la personne donne alors l'orientation de celle-ci, le contraste-seuil est atteint. Pour définir l'ensemble de la capacité de détection des formes pour un œil, il est nécessaire de répéter ce test avec des valeurs de fréquences spatiales différentes.

b) Méthodes d'analyses

Il existe plusieurs tests de mesure de sensibilité au contraste spatial et plusieurs paramètres peuvent être étudiés, d'où un grand nombre d'analyse possible. Par exemple, si le test est réalisé en vision monoculaire / binoculaire, en ambiance scotopique / photopique...

Plusieurs méthodes sont alors proposées :

- **La méthode subjective**, avec l'utilisation de tests psychophysiques. C'est la méthode privilégiée.
- **La méthode objective**, avec le recueil de signaux électrophysiques.

c) Interprétation

À la fin de chaque examen, quelque soit la méthode utilisée, nous nous retrouvons avec une valeur de contraste associé à chaque fréquence spatiale, exprimé en unité logarithmique d'une valeur comprise entre 0 et 1.

L'interprétation peut se présenter sous trois formes : une courbe en coordonnées logarithmiques, une enveloppe globale de vision ou un visuogramme.

- **La courbe en coordonnées logarithmiques**

Le contraste-seuil est reporté en ordonné, exprimé en unité logarithmique, et les fréquences spatiales en abscisse.

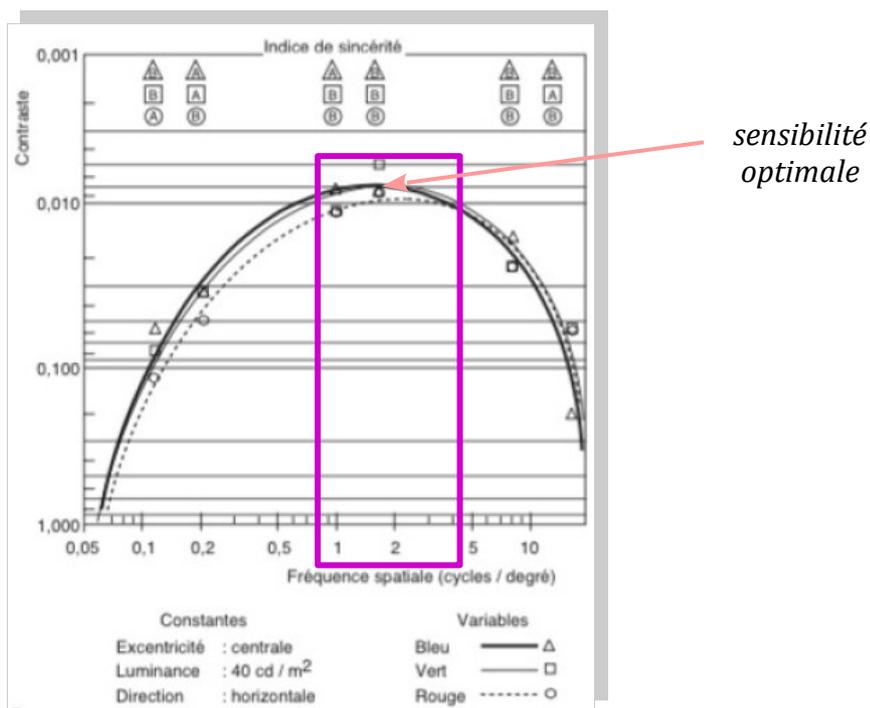


Fig. 26 – Représentation de la courbe de sensibilité au contraste

La sensibilité optimale se situe entre un et quatre cycles par degré d'angle visuel (Fig. 26). Cette zone représente les moyennes fréquences spatiales. Au-delà de cette zone, nous tombons dans les hautes fréquences spatiales et en-deçà dans les basses fréquences spatiales.

- **L'enveloppe globale de vision**

Chaque valeur de contraste-seuil correspondant à chaque fréquence spatiale testée, donne la limite du domaine visible. Une courbe est alors formée délimitant ainsi l'ensemble du domaine visible par l'œil. Au dessus de cette courbe se situe le domaine de non-vision (Fig. 21).

- **Le visuogramme**

Le visuogramme est représenté sous forme de graphique. Pour chaque fréquence spatiale reportée, une comparaison entre la valeur de référence et celle relevée pendant l'examen, permet de constater un gain ou une atténuation, exprimé en décibel (dB) (Fig. 27).

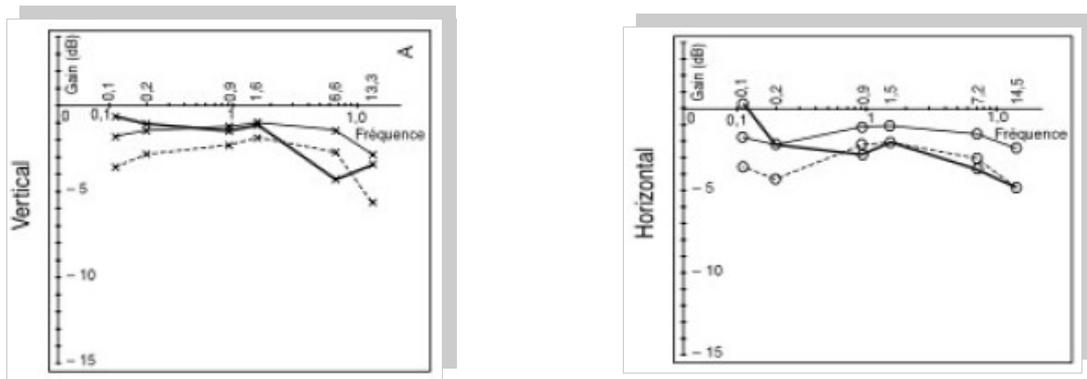


Fig. 27 – Représentation de la courbe de sensibilité au contraste par un visuogramme

4) Tests de la sensibilité au contraste temporel

Une image est présentée en mouvement :

- soit en opposition de phase : la luminosité des réseaux s'inverse, la partie blanche devient noire et inversement,
- soit sous forme de réseaux sinusoïdaux qui se déplacent sur l'écran.

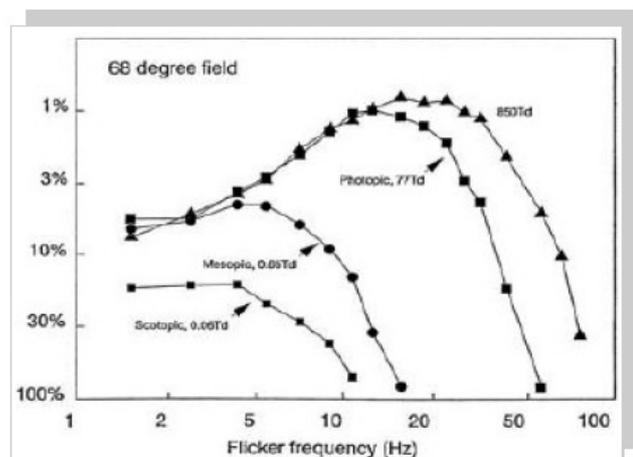
Les réseaux sont présentés sur un écran vidéo avec des fréquences spatiales différentes par variation de la largeur des barres du réseaux. Ils se déplacent à une vitesse donnée, tout en réduisant peu à peu le contraste jusqu'à ce qu'il ne soit plus perçu par le sujet.

Pour les fréquences spatiales élevées, le sujet aura l'impression que les barres des réseaux clignotent, alors que pour les fréquences spatiales basses, c'est l'ensemble de l'écran qui semblera clignoter.

La méthode la plus utilisée est le *Flicker test*. Ce test utilise une image de basse fréquence spatiale qui stimule tout le champ visuel. Pour chaque fréquences temporelles testées (exprimées en Hertz), une limite de sensibilité au contraste est relevée.

Le résultat est représenté par une courbe ayant l'allure d'une cloche (Fig. 28).

Fig. 28 – Résultat du Flicker test



IV. Les facteurs influençant la vision des contrastes

Le test de sensibilité au contraste est un examen psychophysique, il dépend donc grandement des conditions dans lesquelles il est réalisé :

- les conditions d'éclairément : les résultats seront différents en fonction de la présentation des tests en ambiance scotopique, photopique ou mésopique,
- l'explication du test au patient (présentation claire et précise),
- le temps de présentation (quelques secondes),
- les milieux transparents (cornée, cristallin) : ils influencent directement le seuil de la perception des contrastes,
- le diamètre pupillaire (optimal de 2 à 3 mm),
- la luminance : si la luminance diminue, la sensibilité au contraste diminue aussi,
- les saccades et les poursuites,
- l'âge : la sensibilité au contraste est optimale vers l'âge de 11 ans puis elle commence à diminuer vers l'âge de 40 ans (Fig. 29).

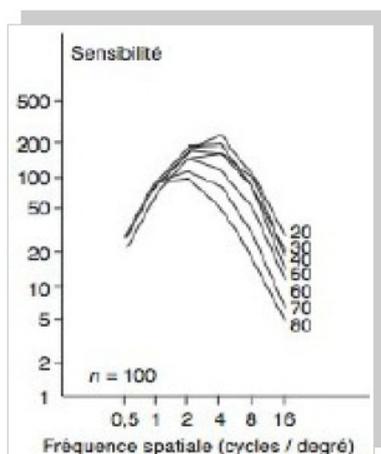


Fig. 29 – Modification de la sensibilité au contraste en fonction de l'âge

V. Les indications au test de vision des contrastes

• Les amétropies

Les amétropies diminuent la sensibilité au contraste dans les hautes fréquences spatiales, plus spécifiquement dans le rouge pour les myopes et dans le vert pour les hypermétropes. C'est sur ce principe que se base le test rouge-vert utilisé lors de la réfraction subjective.

Pour les fortes amétropies, la sensibilité au contraste diminue dans les moyennes fréquences spatiales.

La perception des contrastes est aussi altérée suivant le type de port de correction. Les lentilles semblent permettre une meilleure enveloppe de vision qu'avec les lunettes. De même, que les lentilles rigides assurent une perception plus performante que les lentilles souples.

- **La cataracte**

Dans un premier temps, la cataracte perturbe les hautes fréquences puis en fonction de son évolution, les fréquences intermédiaires.

La test de la vision des contrastes peut être justifié lors d'une perturbation de la perception décrite par le patient mais non objectivé par la prise de l'acuité visuelle.

- **La chirurgie réfractive**

Suite à ce type d'intervention, l'objectif principal est de retrouver la meilleure acuité visuelle possible. En post-opératoire, malgré une récupération optimale de l'acuité visuelle, une gêne visuelle persiste pouvant s'expliquer par l'altération de la vision des contrastes. Dans ce cas, nous retrouvons une altération des "moyennes-hautes" fréquences spatiales. L'intérêt de l'évaluation de la vision des contrastes en pré et post-opératoire est un sujet abordé par le mémoire de Marlène Prost en 2016.

- **La neuropathie glaucomateuse**

Dans une neuropathie avec une hypertension oculaire, nous pouvons retrouver une atteinte précoce de la fonction de la sensibilité au contraste. Cette atteinte est visible dans les hautes et moyennes fréquences.

- **Les neuropathies optiques**

Lors de neuropathies optiques, notamment dans la sclérose en plaque, la sensibilité au contraste est atteinte précocement alors que l'acuité visuelle et le champ visuel peuvent être conservés. L'atteinte se remarque dans les basses et moyennes fréquences spatiales.

- **" L'acuité visuelle " de l'enfant**

Cette technique utilise un ensemble d'une quinzaine de cartes, les cartes de Teller. Un réseau est imprimé sur partie de la carte et le reste d'un gris uniforme dont la densité est la moyenne de la densité des barres blanches et noires. L'examineur présente au nourrisson les cartes avec une fréquence spatiale de plus en plus élevée. À la présentation de la carte, l'orthoptiste note la direction que prend le regard de l'enfant, c'est la technique du regard préférentiel.

Cet examen permet de déterminer si l'enfant, âgé entre 3 et 18 mois, développe une vision se situant dans la norme et de dépister d'éventuels troubles visuels.

- **L'exploration de la vision chez un malvoyant**

L'examen de la sensibilité au contraste permet d'évaluer la capacité visuelle de personnes malvoyantes en fonction des fréquences atteintes. Si les hautes fréquences spatiales sont atteintes, la personne sera dans l'incapacité de lire ou de distinguer des éléments fins. Cependant, si les moyennes et basses fréquences spatiales sont conservées, la personne peut se déplacer dans un environnement connu sans difficulté.

Le contraste est une partie essentielle dans l'adaptation de poste pour les personnes porteuse d'un handicap visuel, en optimisant les aides visuelles comme : faire varier la taille, le contraste, la couleur des informations présentes sur l'ordinateur, les loupes électroniques ou les télé-agrandisseur.

3. PARTIE CLINIQUE

I. Objectif

Évaluer les résultats de l'examen de la vision des contrastes sur les patients ayant développés une kératopathie bulleuse du pseudophaque et traités par une greffe de type DMEK, réalisée dans le service Ophtalmologique du CHU de Clermont-Ferrand de juillet 2014 à septembre 2016. Je souhaite comparer différents groupes de patients en fonction de leur meilleure acuité visuelle corrigée.

II. Matériels et méthodes

1) Population étudiée

a) Groupes de patients greffés

36 patients dont 36 yeux ont été opérés de DMEK avec comme indication la kératopathie bulleuse du pseudophaque entre juillet 2014 et septembre 2016. Le test de sensibilité au contraste a pu être réalisé sur 18 patients.

- **Les critères d'inclusion**

Tous les patients ayant subi une greffe de type DMEK suite à une kératopathie bulleuse du pseudophaque réalisée dans le service d'ophtalmologique du CHU de Clermont-Ferrand de juillet 2014 à septembre 2016, ont été inclus dans l'étude.

Il est néanmoins nécessaire d'avoir une période de six mois en post-opératoire entre la réalisation de la greffe et l'évaluation de la vision des contrastes.

- **Les critères d'exclusion**

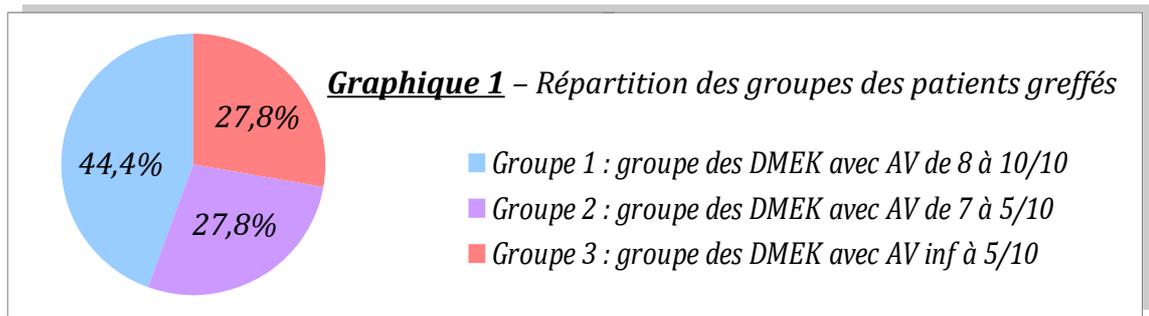
Tous les patients porteurs d'une autre pathologie oculaire ou générale pouvant altérer la récupération visuelle et la vision des contrastes (pathologie rétinienne, glaucome avancé, rétinopathie diabétique) ne sont pas intégrés à l'étude.

- **Constitution des sous-groupes**

Pour les 18 yeux inclus dans l'étude, la prise de l'acuité visuelle est réalisée avant le test de sensibilité au contraste. Elle est évaluée de loin et avec la meilleure correction optique.

Les 18 yeux sont ensuite répartis en trois groupes en fonction de leur acuité visuelle (graphique 1) :

- **le groupe 1** : constitué de 8 yeux (44,4%) avec une acuité visuelle comprise entre 8/10^{ème} et 10/10^{ème} (entre 0,1 et 0 LogMAR)
- **le groupe 2** : constitué de 5 yeux (27,8%) avec une acuité visuelle comprise entre 5/10^{ème} et 7/10^{ème} (entre 0,3 et 0,1 LogMAR)
- **le groupe 3** : constitué de 5 yeux (27,8%) avec une acuité visuelle inférieure à 5/10^{ème} (inférieure à 0,3 LogMAR)



b) Groupe témoin

Afin de pouvoir comparer les résultats trouvés et de pouvoir répondre à la problématique de notre étude (la qualité de vision en post-opératoire de greffe endothéliale), nous avons décidé de constituer un groupe témoin qui aurait des critères fonctionnels similaires au groupe 1. Ce groupe est constitué de 11 personnes ayant déjà subi une chirurgie de la cataracte.

- **Les critères d'inclusion**

Personnes étant pseudophaque, possédant une acuité visuelle entre 8/10^{ème} et 10/10^{ème} (entre 0,1 et 0 LogMAR) sur l'œil opéré, ont été recrutées pour constituer le groupe témoin.

- **Les critères d'exclusion**

Personnes étant aphaque, porteur d'une autre pathologie oculaire ou générale pouvant altérer la vision des contrastes

2) Examen de la vision des contrastes

Au service Ophtalmologie du CHU de Clermont-Ferrand, la vision des contrastes est testée par le test VCTS-6500 de Vistech (Fig.30). Le support est placé contre un mur à hauteur des yeux. Le patient est placé sur une chaise à trois mètres du panneau. Le test est réalisé avec le port de la meilleure correction visuelle. L'acuité visuelle est testée en amont du test de la vision des contrastes. L'ambiance lumineuse est uniforme pour pouvoir reproduire le test dans les mêmes conditions aux différents patients de l'étude.

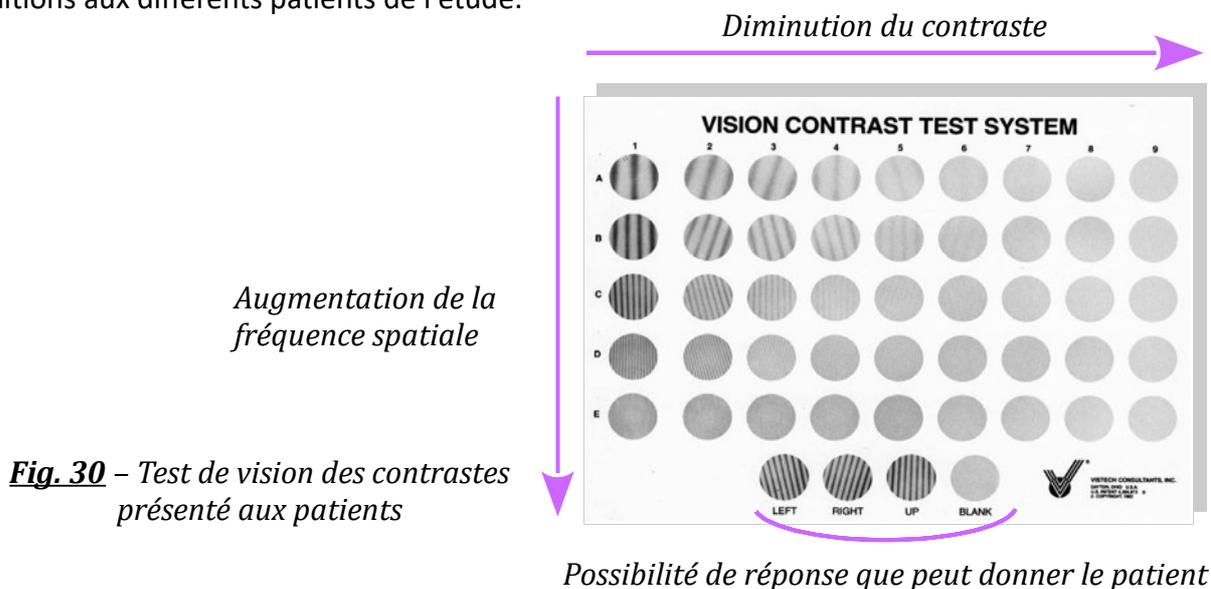


Fig. 30 – Test de vision des contrastes présenté aux patients

L'examineur présente une suite de réseaux imprimés de moins en moins perceptibles en demandant au patient d'indiquer l'orientation du réseau : vertical, vers la droite, vers la gauche ou rien. Cet exercice est répété pour différente fréquence spatiale.

III. Résultats

C'est une étude monocentrique réalisée dans le centre ophtalmologique du CHU Gabriel Montpied de Clermont-Ferrand.

1) Description de la population

Dans la **population greffée**, parmi les 18 patients donc 18 yeux inclus dans l'étude, 10 étaient des femmes (55%) et 8 étaient des hommes (45%) avec un âge moyen de $73,9 \pm 10,8$ ans.

Dans le **groupe 1** ($n = 8$), 4 étaient des femmes (50 %) et 4 étaient des hommes (50%) avec un âge moyen de $75,4 \pm 5,1$ ans.

Dans le **groupe 2** ($n = 5$), 4 étaient des femmes et un seul patient était un homme avec un âge moyen de $65,6 \pm 12,5$ ans.

Dans le **groupe 3** ($n = 5$), 2 étaient des femmes et 3 étaient des hommes avec un âge moyen de $78,8 \pm 12,5$ ans.

Dans la **population témoin**, parmi les 11 patients, 7 étaient des femmes (64 %) et 4 étaient des hommes (36 %) avec un âge moyen de $78,8 \pm 9,1$ ans.

Tableau 1 : Récapitulatif des caractéristiques des différents groupes

	Population greffée	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe Témoin
Nombre de patients	18	8	5	5	11
Sexe (H - F)	8 – 10	4 – 4	1 – 4	3 – 2	4 – 7
Âge (ans)	$73,9 \pm 10,8$	$75,4 \pm 5,1$	$65,6 \pm 12,5$	$80 \pm 12,5$	$78,8 \pm 9,1$
MAVCL (LogMAR)	$0,32 \pm 0,45$	$0,04 \pm 0,05$	$0,2 \pm 0,1$	$0,88 \pm 0,52$	$0,01 \pm 0,03$

Légende : H - F : homme - femme, MAVCL : meilleure acuité visuelle corrigée de loin
Résultats exprimés en moyenne \pm SD (écart – type)

Parmi les 18 patients inclus dans l'étude, un seul implant de chambre antérieure a été retrouvé.

Le test de vision des contrastes, décrit précédemment, a été réalisé à chacun des 18 yeux. En moyenne, le test a été réalisé 12,14 mois après la greffe dans le groupe 1, 16 mois dans le groupe 2 et 11,4 mois dans le groupe 3.

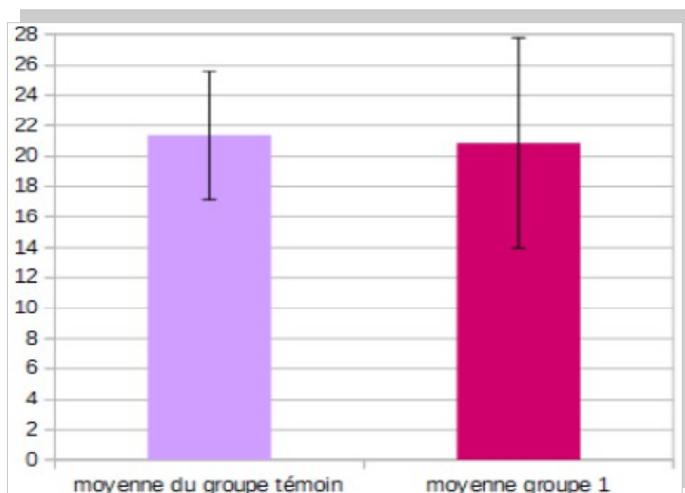
2) Analyse de la vision des contrastes

a) Comparaison des résultats entre le groupe témoin et le groupe 1

Tableau 2 : Récapitulatif des différentes valeurs de sensibilité au contraste obtenues pour le groupe témoin et le groupe 1 des patients greffés

Vision des contrastes	Résultats du groupe témoin						Résultats du groupe 1					
	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	
Patient 1	4	6	3	2	0	15	6	7	5	4	4	26
Patient 2	6	6	4	3	2	21	4	5	3	1	0	13
Patient 3	5	5	4	4	4	22	4	2	1	1	0	8
Patient 4	5	6	6	5	5	27	6	7	5	3	3	24
Patient 5	5	6	5	6	4	26	5	6	5	3	2	21
Patient 6	4	5	3	2	2	16	5	6	5	4	2	22
Patient 7	4	6	4	3	2	19	6	6	7	5	4	28
Patient 8	5	6	5	3	2	21	5	5	5	5	5	25
Patient 9	5	5	5	4	4	23						
Patient 10	5	5	5	3	0	18						
Patient 11	5	5	5	6	6	27						
Moyenne ± SD	4,8 ± 0,6	5,5 ± 0,5	4,4 ± 0,9	3,7 ± 1,4	2,8 ± 1,9	21,4 ± 4,2	5,1 ± 0,8	5,5 ± 1,6	4,5 ± 1,8	3,2 ± 1,6	2,5 ± 1,9	20,9 ± 6,9

Légende : en violet se trouve la somme des valeurs relevées pour les différentes fréquences spatiales. SD = écart type



Graphique 2

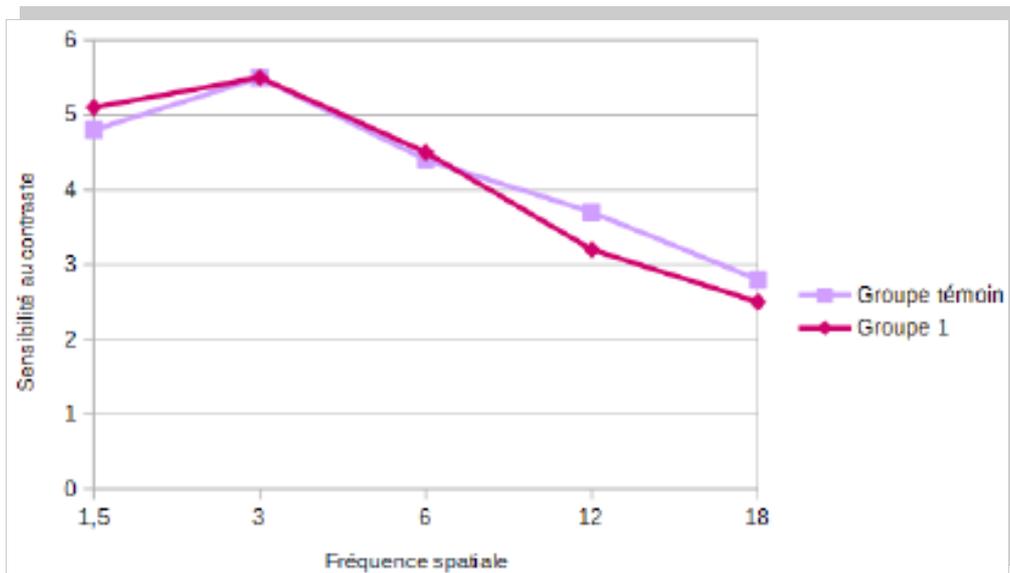
Comparaison des moyennes retrouvées lors du teste de la vision des contrastes entre le groupe témoin et le groupe 1

La moyenne pour la somme des différentes valeurs mesurées est de $21,4 \pm 4,2$ pour le groupe témoins et de $20,9 \pm 6,9$ pour le groupe 1 (Tableau 2 et Graphique 2). Les deux moyennes sont semblables, cependant les valeurs sont plus dispersées dans le groupe 1 que dans le groupe témoin, de part la variation des réponses données par les patients.

Dans le **groupe témoin**, la valeur la plus haute est de 27, retrouvée chez 18,2% des yeux étudiés (soit 2 yeux). Alors que la valeur la plus faible est de 15, retrouvée chez 9,1% (soit 1 œil).

Dans le **groupe 1**, la valeur la plus haute est de 28, retrouvée chez un seul œil sur les 7 testés, alors que la valeur la plus faible est de 8, retrouvée chez un seul œil.

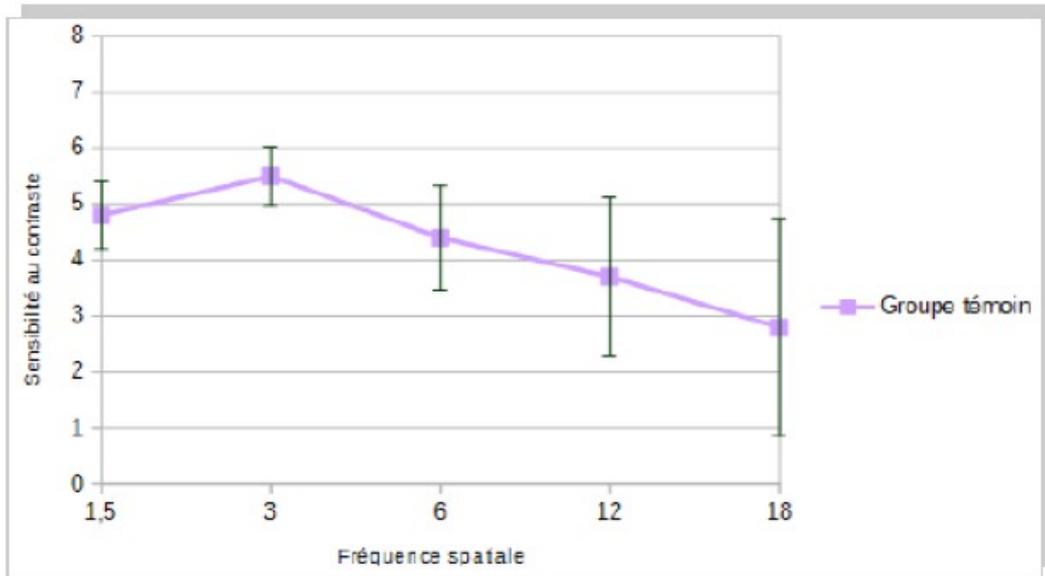
Nous pouvons observer que globalement les valeurs sont comparables entre le groupe témoin et le groupe 1 (Graphique 3).



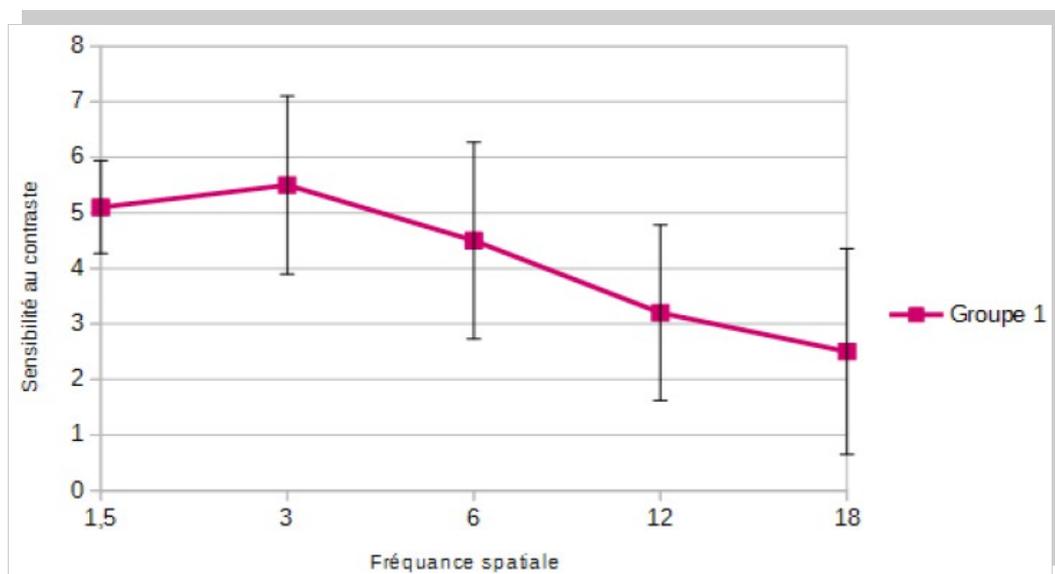
Graphique 3 : Comparaison de la vision des contrastes entre les 2 groupes

Dans les deux groupes, la sensibilité au contraste est diminuée de moitié dans les hautes fréquences spatiales pour atteindre une moyenne de $2,8 \pm 1,9$ pour le groupe témoins et $2,5 \pm 1,9$ pour le groupe 1.

Nous pouvons tout de même signaler que les valeurs sont très variables à l'intérieur de chaque groupe, représenté par les écarts types. La dispersion des valeurs est plus importante dans les hautes fréquences spatiales. Nous pouvons l'observer dans le groupe témoin mais cela est plus accentué dans le groupe 1 (Graphique 4 et Graphique 5).



Graphique 4 : Représentation graphique de la moyenne retrouvée avec la dispersion des valeurs pour le groupe témoin



Graphique 5 : Représentation graphique de la moyenne retrouvée avec la dispersion des valeurs pour le groupe 1

b) Comparaison des résultats entre les groupes de DMEK

Vision des contrastes	Résultats du groupe 1					
	A	B	C	D	E	
Patient 1	6	7	5	4	4	26
Patient 2	4	5	3	1	0	13
Patient 3	4	2	1	1	0	8
Patient 4	6	7	5	3	3	24
Patient 5	5	6	5	3	2	21
Patient 6	5	6	5	4	2	22
Patient 7	6	6	7	5	4	28
Patient 8	5	5	5	5	5	25
Moyenne ± SD	5,1 ± 0,8	5,5 ± 1,6	4,5 ± 1,8	3,2 ± 1,6	2,5 ± 1,9	20,9 ± 6,9

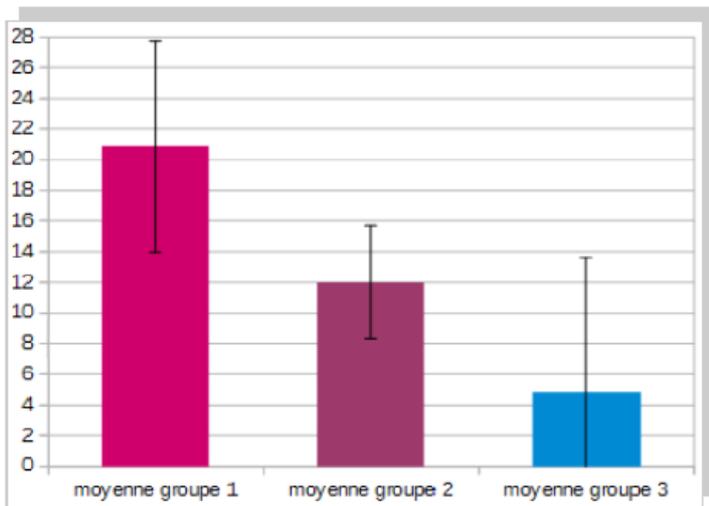
Vision des contrastes	Résultats du groupe 3					
	A	B	C	D	E	
Patient 1	5	5	4	5	1	20
Patient 2	3	1	0	0	0	4
Patient 3	0	0	0	0	0	0
Patient 4	0	0	0	0	0	0
Patient 5	0	0	0	0	0	0
Moyenne ± SD	1,6 ± 2,3	1,2 ± 2,2	0,8 ± 1,8	0,2 ± 0,4	0,2 ± 0,4	4,8 ± 8,7

Vision des contrastes	Résultats du groupe 2					
	A	B	C	D	E	
Patient 1	5	5	5	0	0	15
Patient 2	3	2	2	0	0	7
Patient 3	5	6	3	0	0	14
Patient 4	4	4	3	2	2	15
Patient 5	4	4	1	0	0	9
Moyenne ± SD	4,2 ± 0,8	4,2 ± 1,5	2,8 ± 1,5	0,4 ± 0,9	0,4 ± 0,9	12 ± 3,7

Tableau 3

Récapitulatif des différentes valeurs de sensibilité aux contrastes obtenues pour le groupe 1, le groupe 2 et le groupe 3 des patients greffés

Légende: en violet se trouve la somme des valeurs relevées pour les différentes fréquences spatiales. SD = écart type.



Graphique 6
 Comparaison des moyennes retrouvées lors du test de la vision des contrastes entre le groupe 1, le groupe 2 et le groupe 3

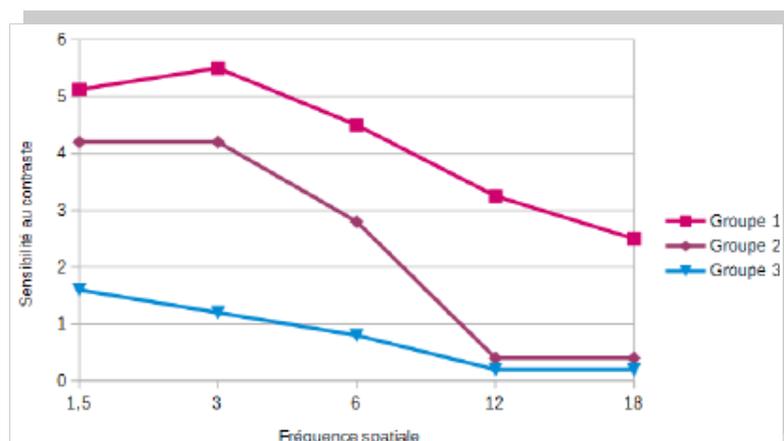
La moyenne pour la somme des différentes valeurs mesurées est de $20,9 \pm 6,9$ pour le groupe 1, de $12 \pm 3,7$ pour le groupe 2 et de $4,8 \pm 8,7$ pour le groupe 3 (Tableau 3 et Graphique 6). Nous trouvons une différence significative entre les trois groupes.

Dans le **groupe 1**, la valeur la plus haute est de 28, retrouvée chez un seul œil sur les 7 testés, alors que la valeur la plus faible est de 8, retrouvée chez un seul œil.

Dans le **groupe 2**, la valeur la plus haute est 15, retrouvée chez 40% des patients (soit 2 yeux sur 5), alors que la valeur la plus faible est de 7, retrouvée chez u seul œil.

Dans le **groupe 3**, la valeur la plus haute est de 20, retrouvé pour un seul œil, alors que la valeur la plus faible est de 0, retrouvée chez 60% des patients (soit 3 sur 5 yeux).

Nous pouvons observer que la sensibilité au contraste diminue d'autant plus que l'acuité visuelle baisse (Graphique 7).



Graphique 7 : Comparaison de la vision des contrastes entre les 3 groupes greffés

La sensibilité au contraste dans les basses fréquences spatiales comporte une différence entre les groupe 1, avec une moyenne de $5,1 \pm 0,8$ et le groupe 2 avec une moyenne de $4,2 \pm 0,8$ par rapport au 3^{ème} groupe avec une moyenne de $1,6 \pm 2,3$.

En revanche, la sensibilité au contraste dans les hautes fréquences spatiales sont plus touchées avec une différence marquée entre le groupe 1 (avec une moyenne de $2,5 \pm 1,9$) et les deux autres groupes (avec une moyenne de $0,4 \pm 0,9$ pour le groupe 2 et de $0,2 \pm 0,4$ pour le groupe 3).

IV. Discussion

Cette étude avait pour objectif d'évaluer les résultats de l'examen de la vision des contrastes sur les patients portant une greffe de type DMEK après avoir développé une kératopathie bulleuse du pseudophaque réalisées dans le service Ophtalmologique du CHU de Clermont-Ferrand de juillet 2014 à septembre 2016.

1) Résultats concernant la sensibilité au contrastes

Nous avons constaté peu de différence entre la sensibilité au contraste évaluée dans le groupe témoin et le groupe 1 suite à la greffe endothéliale.

Cela nous indique que malgré l'importante intervention subi par la cornée, la récupération visuelle ressentie par le patient est similaire à celle d'une personne n'ayant pas eu de décompensation endothéliale. La qualité de vision n'est donc pas impactée par la greffe réalisée.

Dans la littérature, peu d'études traitant de la greffe DMEK utilisent la sensibilité au contraste comme paramètre de suivi en post-opératoire. Parmi celles-ci, une amélioration de la sensibilité au contraste est observée tout au long de la période post-opératoire, pour atteindre son maximum 6 mois après la greffe^{(32), (33), (34)}.

Cependant, ces études utilisent des tests de sensibilité au contraste différents. Ici, nous avons utilisé le test de Vistech contrairement à Cabrerizo et al.⁽³⁵⁾ qui ont utilisé le test de Pelli-Robson.

Il est nécessaire de souligner que la vision des contrastes est intimement liée à la récupération visuelle en post-opératoire.

2) Limites et biais

Il est important de signaler que l'étude réalisée comporte certains biais afin de mettre en perspective les résultats trouvés.

La première limite notable est le faible nombre de patients inclus dans l'étude. La taille du groupe 1 et du groupe témoin (similaire mais avec des disparités individuelles) est différente de celle du groupe 2 et du groupe 3. Cela s'explique par la durée de suivie des patients. Une fois le suivi post-opératoire achevé au CHU, les patients retournent en consultation chez leur ophtalmologue habituel. De ce fait, en fonction de l'état général des personnes et/ou de l'éloignement, leur retour pour réaliser un test de vision des contrastes n'est pas réalisable.

Le faible nombre de patients recrutés donne peu de puissance à cette étude. Il sera alors intéressant de la poursuivre et d'ouvrir les critères d'inclusion de la population greffée aux personnes porteurs de dystrophies de Fuchs par exemple.

Il est également nécessaire de souligner les conditions de réalisation du test d'acuité visuelle et de la vision des contrastes. Même si les consignes d'examen sont identiques, l'examineur était différent. Il faut noter que le service d'ophtalmologie a déménagé au cours de l'étude ; Cela peut donc induire des biais de mesures (notamment au niveau de l'éclairage).

Le test de sensibilité au contraste est un test psychophysique. Ce test subjectif est donc dépendant du patient et de son état (coopération, inattention, fatigue).

4. CONCLUSION

Les greffes endothéliales de type DMEK amènent des résultats fonctionnels et anatomiques en post-opératoire supérieurs à ceux retrouvés avec les greffes de type DSAEK. Dans les différentes études réalisées, plusieurs paramètres sont analysés afin de démontrer que la récupération est optimale en post-opératoire comme l'acuité visuelle (de loin et de près), la densité cellulaire endothéliale et l'évolution de l'œdème.

Dans l'étude réalisée ici, le paramètre étudié était la vision des contrastes, fonction peu évaluée que ce soit en pratique clinique ou lors de suivi post-opératoire.

Nous avons constaté alors que la qualité de vision, liée à la perception des contrastes, est semblable entre une personne ayant subi une greffe de type DMEK et une personne sans problème cornéen.

Il est tout de même nécessaire de souligner la corrélation entre l'acuité visuelle et la sensibilité au contraste. En effet, nous pouvons remarquer qu'une faible acuité visuelle impacte la perception du contraste.

Des évolutions sur la technique chirurgicale, notamment avec la découverte d'une nouvelle couche cornéenne, la couche Dua (située entre le stroma et la membrane de Descemet) pourrait amener un résultat visuel plus régulier.

5. BIBLIOGRAPHIE

1. Maurin-Benoist D'Azy C. Greffes endothéliales par Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (DMEK) : Analyse d'une variante de découpe du greffon endothélio-descemetique. [Clermont-Ferrand]: Université d'Auvergne; 2016.
2. Le Guide De La Vue. La greffe de cornée [Internet]. [cité 5 mars 2017]. Disponible sur: <http://www.guide-vue.fr/glossaire/greffe-cornee>
3. Gilles Renard. La cornée. Paris : Elsevier ; 2001.
4. Alain Pêchereau et al. Anatomie de l'Œil.
5. C. Allouch-Nahmias, P. Goldschmit, V. Borderie, O. Touzeau, T. Gaujoux, L. Laroche, I. Goemaere, J. Rault . Anatomie cornée [Internet]. 2014 [cité 3 janv 2017]. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/document/209137146/anatomie-cornee>
6. C. Allouch-Nahmias, P. Goldschmit, V. Borderie, O. Touzeau, T. Gaujoux, L. Laroche, I. Goemaere, J. Rault. Anatomie de la cornée. EMC - Ophtalmologie 2011:1-16 [Article 21-003-A-10].
7. Opération cornée Perpignan : Visis centre ophtalmologique [Internet]. Visis Centre d'ophtalmologie Perpignan. [cité 11 mai 2017]. Disponible sur: <http://www.visis.fr/cornee/>
8. Rapport SFO 2015 - Surface oculaire [Internet]. [cité 3 avr 2017]. Disponible sur: http://www.em-consulte.com/em/SFO/2015/html/file_100012.html
9. Scheer S, Touzeau O, Borderie V, Laroche L. L'immunosuppression dans la greffe de cornée. Journal Français d'Ophtalmologie [Internet]. 2008 [cité 30 déc 2016]; Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/en/article/112625>; Vol 26, N°6
10. Borderie V, Touzeau O, Bourcier T, Laroche L ; Physiologie de la cornée. EMC (Elsevier SAS, Paris, Ophtalmologie, 21/020-C-10, 2005
11. D'Hermies F, Ellies P, Meyer A, Dighiero P, Legeais JM, Hannah H et al. Œdème cornéen du pseudophake. Journal Français d'Ophtalmologie [Internet]. 2003. [cité 20 avr 2017]. 26, 8, 882-886. Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/article/112665/alertePM>
12. Muraine M. Les greffes endothéliales. Journal Français d'Ophtalmologie [Internet]. 2008 [cité 3 janv 2017]; Vol 31 (N°9) : 907-920. Disponible sur: <http://www.em-premium.com.sicd.clermont-universite.fr/article/194823/resultatrecherche/37>
13. Delbosc B, Chopard JP. Aspects législatifs de la greffe de cornée. Journal Français d'Ophtamologie [Internet]. 1999 [cité 19 sept 2016]; Vol 22 (N°4) : 485. Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/en/article/111189>
14. Borderie V, Delbosc B, Fialaire-Legendre A, Laroche L. Prélèvement et conservation des greffons cornéens. [Internet]. 21 juin 2007 [cité 10 sept 2016]; Disponible sur: <http://www.em-premium.com.sicd.clermont-universite.fr/article/64101/resultatrecherche/32>

15. Prélèvement de la cornée à but thérapeutique [Internet]. [cité 6 sept 2016]. Disponible sur: http://www.sfo.asso.fr/sites/sfo.prod/files/files/03_PRELEVEMENT_15sept08%5B1%5D.pdf
16. Borderie V. Les greffes en ophtalmologie. Paris: Elsevier; 2004.
17. LOI no 94-654 du 29 juillet 1994 relative au don et à l'utilisation des éléments et produits du corps humain, à l'assistance médicale à la procréation et au diagnostic prénatal. 94-654 juill 29, 1994.
18. Loi n° 2004-800 du 6 août 2004 relative à la bioéthique.
19. Décret no 97-306 du 1er avril 1997 relatif aux conditions d'autorisation des établissements de santé effectuant des prélèvements d'organes et de tissus à des fins thérapeutiques et modifiant le code de la santé publique (deuxième partie : Décrets en Conseil d'Etat).
20. Patel SV. Graft survival and endothelial outcomes in the new era of endothelial keratoplasty. *Experimental Eye Research*. [Internet]. 2012 ; 95 (1) : 40-7 Disponible sur : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21689649>.
21. Borderie V, Guilbert E, Touzeau O, Laroche L. Kératoplastie transfixiante. *EMC – Ophtalmologie* 2011;1-12 [Article 21-206-A-10].
22. Borderie V. Kératoplasties lamellaires à but optique. *EMC – Ophtalmologie* 2016;13 (1):1-6 [Article 21-206-A-23]
23. Muraine M. Greffes de cornée « à chaud » ou kératoplasties thérapeutiques. *EMC – Ophtalmologie* 2004;1-12 [Article 21-206-A-24]
24. État de la recherche : Vers la peau universelle [Internet]. Inserm - Serimedis. [cité 11 avr 2017]. Disponible sur: <http://www.serimedis.inserm.fr/fr/asset/content/id/58497/bypassnavigation/1>
25. Dickman MM, Kruit PJ, Remeijer L, Rooij J van, Lelij AV der, Wijdh RHJ, et al. A Randomized Multicenter Clinical Trial of Ultrathin Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty (DSAEK) versus DSAEK. *American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology* [Internet]. 1 nov 2016 ;123(11):2276-84.
26. Melles GRJ, Ong TS, Ververs B, van der Wees J. Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK). *Cornea* [Internet]. 2006 ; 25(8):987-90.
27. Zhu L, Zha Y, Cai J, Zhang Y. Descemet stripping automated endothelial keratoplasty versus descemet membrane endothelial keratoplasty: a meta-analysis. *International Ophthalmology*. 17 avr 2017;
28. Fondation Ophtalmologique Adolphe Rothschild. La greffe endothéliale pure (DMEK) et le service du Dr Gatinel à l'honneur ! 18 décembre 2015. [cité 14 mai 2017]. Disponible sur: <http://www.fo-rothschild.fr/actualites/notre-actualite/item/1650-la-greffe-endotheliale-pure-dmek-et-le-service-du-dr-gatinel-à-l'honneur.html>
29. Masson E. Sensibilité au contraste [Internet]. *EM-Consulte*. [cité 6 sept 2016]. Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/article/8549/sensibilite-au-contraste>

30. sensibilité au contraste [Internet]. [cité 6 sept 2016]. Disponible sur: <http://www.ophtalmo.net/bv/Doc/1991-1079-XZ-FSC-1.pdf>
31. Metrovision - Sensibilité au contraste [Internet]. [cité 15 mars 2017]. Disponible sur: <http://www.metrovision.fr/mv-sc-notice-fr.html>
32. Ang M, Lim F, Htoon HM, Tan D, Mehta JS. Visual acuity and contrast sensitivity following Descemet stripping automated endothelial keratoplasty. *The British Journal of Ophthalmology*. [Internet]. 2016 ;100(3):307-11.
33. Maier A-KB, Gundlach E, Gonnermann J, Klamann MKJ, Bertelmann E, Rieck PW, et al. Retrospective contralateral study comparing Descemet membrane endothelial keratoplasty with Descemet stripping automated endothelial keratoplasty. *Eye Lond Engl*. [Internet]. 2015;29(3):327-32.
34. Cabrerizo J, Livny E, Musa FU, Leeuwenburgh P, van Dijk K, Melles GRJ. Changes in color vision and contrast sensitivity after descemet membrane endothelial keratoplasty for fuchs endothelial dystrophy. *Cornea* [Internet]. 2014 ; 33(10):1010-5.

6. ANNEXES

Annexe 1 : Fiche SFO : Opération de greffe de cornée



Fiche d'information n°07

Opération de greffe de cornée

Madame, Mademoiselle, Monsieur,

Vous êtes atteint d'une anomalie de la cornée à l'origine de vos troubles visuels. Votre ophtalmologiste vous propose une greffe de cornée car cette intervention constitue le seul moyen d'améliorer votre vision.

Cette fiche contient l'information sur l'opération qui vous est proposée, sur ses résultats et sur ses risques.

Les anomalies de la cornée

La cornée, comme un verre de montre, est le hublot de l'oeil qui permet le passage de la lumière. La cornée peut être altérée par des opacités, par un oedème ou par une déformation.

Pourquoi faire une greffe de cornée

Pour tenter de restituer la transparence et favoriser la transmission de la lumière dans de bonnes conditions. La vision sera alors améliorée si les autres structures oculaires le permettent.

L'opération

Elle est réalisée sur le patient alors qu'il est installé sur le dos, en milieu chirurgical stérile et sous microscope. Elle représente un geste chirurgical majeur car elle consiste à ouvrir l'oeil et à remplacer l'un de ses éléments, la cornée.

Hospitalisation : l'opération nécessite une immobilisation de quelques heures au minimum. Votre mode d'hospitalisation vous sera proposé par votre ophtalmologiste en accord avec le médecin anesthésiste.

Anesthésie : elle peut être générale ou locale par injection de produits anesthésiques au voisinage de l'oeil. Il est exceptionnel de pouvoir se contenter d'une anesthésie par des gouttes. Le choix résulte de l'avis de votre ophtalmologiste et de celui du médecin anesthésiste. Ce choix prend en compte votre souhait lorsque cela est possible.

Technique opératoire : elle diffère selon le type de greffe envisagé par votre ophtalmologiste.

Dans la greffe habituelle, le greffon provient d'un donneur humain. Il existe un risque de rejet de la greffe.

Dans l'autogreffe, la cornée transparente est prise sur l'un des 2 yeux du patient. Cette

technique évite le rejet mais expose aux risques d'une double opération.

Dans la plupart des cas, l'ablation de la cornée malade est réalisée à l'aide d'un trépan, parfois automatisé.

Le greffon est suturé par des fils.

La greffe de la cornée peut être combinée à une opération de la cataracte ou à celle d'un glaucome. La difficulté augmente avec la complexité de l'opération et les risques sont augmentés parallèlement.

Une analyse anatomopathologique de la cornée peut être effectuée.

Incidents opératoires :

La trépanation de la cornée peut être imparfaite, entraînant des difficultés pour la suture.

Les anomalies découvertes par le chirurgien derrière une cornée opaque peuvent l'obliger à réaliser une opération plus complexe que celle initialement prévue.

Une hémorragie peut se produire qui, en général, se résorbe en quelques jours. Dans des cas très exceptionnels, elle peut aboutir à la perte de la vision ou de l'oeil.

Une réintervention peut être nécessaire pour compléter la suture ou pour corriger une anomalie non constatée pendant l'opération.

De telles situations sont imprévisibles.

L'évolution postopératoire habituelle

Dans la très grande majorité des cas l'oeil opéré est peu ou pas douloureux. La récupération visuelle est progressive.

Les soins locaux sont réduits à l'instillation de gouttes ou à l'application d'une pommade et à la prise éventuelle de comprimés. Le port d'une protection oculaire est utile les premières semaines. Votre chirurgien vous indiquera les modalités de ce traitement qui peut s'étendre sur plusieurs mois.

L'ablation des fils de suture peut être nécessaire. Il est possible de les laisser en place sans inconvénient.

Il faut se souvenir qu'un oeil greffé sera pour toujours un oeil plus fragile nécessitant une surveillance régulière.

Les complications de la greffe

Bien qu'elle soit de pratique ancienne et courante, l'opération de greffe de cornée n'échappe pas à la règle générale selon laquelle il n'existe pas de chirurgie sans risque. Il n'est pas possible à votre ophtalmologiste de garantir formellement le succès de l'opération.

Les complications graves de l'opération sont assez rares. Elles peuvent cependant aboutir, dans les cas les plus extrêmes, à la perte de toute vision, voire à la perte de l'oeil.

Le rejet de greffe ne concerne pas l'autogreffe. Il se manifeste à partir des premières semaines après l'opération et jusqu'à 20 ans après celle-ci. Il peut être traité par des médicaments avec une certaine efficacité.

En cas d'échec de ce traitement le greffon reste opaque et la vision est très basse. Une seconde greffe est possible mais son risque d'échec est augmenté.

Les infections touchent 2 à 5 cas sur 1000.

L'augmentation de la pression oculaire.

Le traumatisme de l'oeil par le patient ou son entourage.

La déformation de la cornée greffée (astigmatisme) est très fréquente, parfois réversible à l'ablation des fils ou par une opération.

La perte de transparence spontanée du greffon touche surtout les greffes réalisées sur un oeil déjà opéré. Il n'y a pas de traitement. Une seconde greffe est possible mais son risque d'échec est augmenté.

Un œdème rétinien central.

Le greffon cornéen provenant d'un donneur a transité par une Banque de Cornée, qui a procédé à tous les tests de qualité requis par les textes officiels. Il n'est cependant jamais possible d'affirmer que ce tissu biologique ne sera pas susceptible de transmettre une maladie bactérienne, mycosique, virale ou à prion dont l'expression peut être immédiate après la greffe ou survenir beaucoup plus tard.

Votre ophtalmologiste est disposé à répondre à toute question complémentaire que vous souhaiteriez lui poser.

Les dispositions réglementaires font obligation au médecin de prouver qu'il a fourni l'information au patient. Aussi vous demande-t-on de signer ce document dont le double est conservé par votre médecin.

Je soussigné [] reconnais que la nature de l'intervention, ainsi que ses risques, m'ont été expliqués en termes que j'ai compris, et qu'il a été répondu de façon satisfaisante à toutes les questions que j'ai posées.

J'ai disposé d'un délai de réflexion suffisant et

- donne mon accord
 ne donne pas mon accord

Date et Signature

pour la réalisation de l'acte qui m'est proposé.

Ces fiches nationales ont été créées sous l'égide de la Société Française d'Ophtalmologie (SFO) et du Syndicat National des Ophtalmologistes de France (SNOF).

Annexe 2 : Échelle de sensibilité au contraste de Pelli-Robson

PELLI-ROBSON CONTRAST SENSITIVITY CHART
----- Defined by HS -----

V	R	S	K	D	R
N	H	C	S	O	K
S	C	N	O	Z	V
C	N	H	Z	O	K
N	O	D	V	H	R
C	D	N	Z	S	V
K	C	H	O	D	K
R	S	Z	H	V	R

