



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale  
- Pas de Modification 4.0 France (CC BY-NC-ND 4.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Université Claude Bernard  Lyon 1

# INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA READAPTATION

---

**Directeur Professeur Jacques LUAUTE**

---

LA GREFFE DE MEMBRANE AMNIOTIQUE POUR LE TRAITEMENT DU TROU  
MACULAIRE

MEMOIRE présenté pour l'obtention du

## **CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPTISTE**

par

VASSAS Noa  
NGUYEN Emma

Autorisation de reproduction

LYON, le 18 juin 2024

**(date de soutenance)**

**Professeur Ph. DENIS**  
Responsable de l'Enseignement  
**Mme E. LAGEDAMONT**  
Directrice des Etudes

N° (du permis d'imprimer)

Président  
**Pr Frédéric FLEURY**

Vice-président CFVU  
**M. CHEVALIER Philippe**

Vice-président CA  
**M. REVEL Didier**

Vice-président CS  
**M. VALLEE Fabrice**

Directeur Général des Services  
**M. ROLLAND Pierre**

## Secteur Santé

U.F.R. de Médecine Lyon Est  
Directeur  
**Pr. RODE Gilles**

U.F.R d'Odontologie  
Directeur  
**Pr. SEUX Dominique**

U.F.R de Médecine Lyon-Sud  
Charles Mérieux  
Directrice  
**Pr BURILLON Carole**

Institut des Sciences Pharmaceutiques  
et Biologiques  
Directrice  
**Pr VINCIGUERRA Christine**

Département de Formation et  
Centre de Recherche en Biologie  
Humaine  
Directeur  
**Pr SCHOTT Anne-Marie**

Institut des Sciences et Techniques de  
Réadaptation  
Directeur  
**Pr LUAUTE Jacques**

Comité de Coordination des  
Etudes Médicales (CEM)  
**Pr COCHAT Pierre**

## Secteur Sciences et Technologies

U.F.R. Des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (S.T.A.P.S.)  
Directeur

**M. VANPOULLE Yannick**

Institut des Sciences Financières et d'Assurance (I.S.F.A.)  
Directeur

**M. LEBOISNE Nicolas**

Institut National Supérieur du Professorat et de l'éducation (INSPé)  
Directeur

**M. CHAREYRON Pierre**

UFR de Sciences et Technologies  
Directeur

**M. ANDRIOLETTI Bruno**

POLYTECH LYON  
Directeur

**Pr PERRIN Emmanuel**

IUT LYON 1  
Directeur

**M. VITON Christophe**

Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique de Lyon (ESCPE)  
Directeur

**M. PIGNAULT Gérard**

Observatoire astronomique de Lyon  
Directeur

**Mme DANIEL Isabelle**

# Remerciements

Nous souhaitons adresser nos remerciements aux personnes qui ont rendu possible l'élaboration de ce mémoire :

Merci au Professeur Philippe DENIS, chef de service de l'Hôpital de la Croix-Rousse, de nous avoir permis de faire cette formation riche en savoirs.

Ensuite, un grand merci à Mme Estelle LAGEDAMONT, Mme Claudine CHAMBARD, Mme Karen PONTON, Mme Delphine DEROQUE, Mme Mélanie STALDER, Mme Myriam PROST-LEFEBVRE, Mme Valérie PERRAUD PONCET, Mme Karine RAFFIN KELLER, M. Brice GOUTAGNY, nos enseignants d'orthoptie qui ont su nous faire aimer le domaine de l'orthoptie et nous transmettre avec brio leurs savoirs dans la discipline durant ces trois années.

Puis, nous remercions également tous les orthoptistes seniors présents lors de nos stages qui nous ont permis d'appliquer les connaissances théoriques et pratiques de notre formation.

Également, nous voulons dire merci à tous les ophtalmologistes et internes pour leur disponibilité à répondre à nos attentes, eux qui nous ont fourni des outils indispensables à l'affinage de nos connaissances.

Merci au Professeur Laurent KODJIKIAN qui nous a permis d'avoir accès à des données nécessaires à la réalisation de notre mémoire.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à notre maître de mémoire, le Docteur Yasmine SERRAR pour son implication et ses précieux conseils tout au long de ce projet.

Evidemment, nous tenons à remercier nos proches, qui ont été à nos côtés lors de la réalisation de ce mémoire.

# Table des matières

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Remerciements</b> .....                                                            | 4  |
| <b>Table des figures</b> .....                                                        | 8  |
| <b>Liste des abréviations utilisées dans l'ordre d'apparition</b> .....               | 9  |
| <b>Introduction</b> .....                                                             | 10 |
| <b>Partie théorique</b> .....                                                         | 11 |
| <b>I. Rappels anatomiques et physiologiques</b> .....                                 | 11 |
| I. A. Anatomie et histologie de la rétine .....                                       | 11 |
| I. A. 1. Couches de la rétine .....                                                   | 11 |
| I. A. 2. Cellules rétinienne et leur rôle .....                                       | 13 |
| I. A. 3. Zones spécialisées de la rétine .....                                        | 14 |
| I. A. 4. Vascularisation .....                                                        | 15 |
| I. B. Anatomie du vitré .....                                                         | 15 |
| I. B. 1. Composition .....                                                            | 15 |
| I. B. 2. Zones d'adhérence .....                                                      | 16 |
| I. C. Caractéristiques de l'œil myope .....                                           | 16 |
| I. C. 1. L'œil emmétrope .....                                                        | 16 |
| I. C. 2. L'œil myope .....                                                            | 17 |
| <b>II. Le trou maculaire</b> .....                                                    | 17 |
| II. A. Définition .....                                                               | 17 |
| II. B. Physiopathologie des trous maculaires .....                                    | 17 |
| II. B. 1. Trous maculaires idiopathiques .....                                        | 17 |
| II. B. 2. Trous maculaires secondaires .....                                          | 17 |
| II. C. Facteurs de risque du trou maculaire .....                                     | 18 |
| II. C. 1. L'âge .....                                                                 | 18 |
| II. C. 2. La myopie .....                                                             | 18 |
| II. C. 3. Sexe féminin et antécédent de trou maculaire .....                          | 18 |
| II. D. Stades de développement du trou maculaire idiopathique et classification ..... | 18 |
| II. D. 1. L'adhésion vitréo-maculaire .....                                           | 18 |
| II. D. 2. La traction vitréo-maculaire .....                                          | 19 |
| II. D. 3. Classification .....                                                        | 20 |
| II. E. Diagnostic .....                                                               | 21 |

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| II. E. 1. Signes fonctionnels .....                                              | 21        |
| II. E. 2. Examens .....                                                          | 21        |
| II. E. 2. a) Tomographie à cohérence optique (OCT) .....                         | 21        |
| II. E. 2. b) Fond d'œil .....                                                    | 22        |
| II. F. Pronostic .....                                                           | 22        |
| <b>III. Chirurgie du trou maculaire avec greffe de membrane amniotique .....</b> | <b>23</b> |
| III. A. Composition et provenance du greffon .....                               | 23        |
| III. A. 1. Propriétés de la membrane amniotique .....                            | 23        |
| III. A. 2. Prélèvement .....                                                     | 23        |
| III. A. 3. Conservation .....                                                    | 24        |
| III. A. 3. a) Cryoconservation.....                                              | 24        |
| III. A. 3. b) Lyophilisation .....                                               | 24        |
| III. A. 3. c) Procédé Amtrix© .....                                              | 24        |
| III. B. Prise en charge préopératoire .....                                      | 25        |
| III. B. 1. Tomographie à cohérence optique (OCT).....                            | 25        |
| III. B. 2. Acuité visuelle.....                                                  | 25        |
| III. B. 3. Fond d'œil.....                                                       | 25        |
| III. B. 4. Biométrie .....                                                       | 25        |
| III. B. 5. Indications .....                                                     | 25        |
| III. C. Etapes de l'opération .....                                              | 26        |
| III. C. 1. Installation et anesthésie du patient .....                           | 26        |
| III. C. 2. Vitrectomie et greffe de membrane amniotique .....                    | 26        |
| III. C. 3. Complications possibles .....                                         | 29        |
| III. C. 3. a) Cataracte.....                                                     | 29        |
| III. C. 3. b) Augmentation de la pression intra-oculaire .....                   | 29        |
| III. C. 3. c) Endophtalmie.....                                                  | 29        |
| III. C. 3. d) Décollement de rétine.....                                         | 29        |
| III. D. Prise en charge postopératoire .....                                     | 29        |
| III. D. 1. Soins postopératoires.....                                            | 29        |
| III. D. 2. Convalescence .....                                                   | 29        |
| III. D. 3. Contrôles nécessaires.....                                            | 30        |
| <b>Conclusion .....</b>                                                          | <b>30</b> |

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| <b>Partie pratique</b> .....                        | 31 |
| I. Introduction.....                                | 31 |
| II. Matériel et méthode .....                       | 32 |
| II. A. Critères d’inclusion.....                    | 32 |
| II. B. Critères d’exclusion.....                    | 32 |
| II. C. Données recueillies .....                    | 32 |
| III. Résultats .....                                | 33 |
| IV. Discussion .....                                | 36 |
| IV. A. Explication des résultats.....               | 36 |
| IV. B. Petit échantillon de patients.....           | 37 |
| IV. C. Pathologies ophtalmologiques associées ..... | 37 |
| <b>Conclusion</b> .....                             | 38 |
| <b>Bibliographie</b> .....                          | 39 |
| <b>Annexes</b> .....                                | 43 |
| Annexe 1 : Tableau de recueil des données .....     | 43 |
| Annexe 2 : Test statistique .....                   | 43 |



## Table des figures

- Figure 1 : Coupe histologique des couches de la rétine (3)
- Figure 2 : Schéma anatomique de l'œil (5)
- Figure 3 : Schéma d'un cône et d'un bâtonnet (6)
- Figure 4 : Photographie du fond d'œil (3)
- Figure 5 : Schéma anatomique des structures du vitré (10)
- Figure 6 : Schéma d'un œil emmétrope (14)
- Figure 7 : Schéma d'un œil myope (17)
- Figure 8 : Schéma d'une attache vitréo-maculaire focale isolée (19)
- Figure 9 : Traction vitréo-maculaire avec élévation du plancher fovéolaire (19)
- Figure 10 : Traction vitréo-maculaire avec élévation et inversion du plancher fovéolaire qui forment le toit du kyste (19)
- Figure 11 : Trou maculaire de petite taille sans traction vitréo-maculaire associée (27)
- Figure 12 : Trou maculaire de grande taille sans traction vitréo-maculaire associée (27)
- Figure 13 : Cliché d'OCT maculaire d'un trou lamellaire (33)
- Figure 14 : Cliché d'OCT maculaire d'un pseudo trou maculaire (34)
- Figure 15 : Trou maculaire visible sur une photographie du fond d'œil (19)
- Figure 16 : Schéma du chorion (40)
- Figure 17 : Amnios déposé sur le support (39)
- Figure 18 : Supports en nitrocellulose disposés sur l'amnios (39)
- Figure 19 : Découpe des carrés de membrane amniotique (39)
- Figure 20 : Introduction dans les flacons dédiés (39)
- Figure 21 : Pose des trocars par sclérectomie (51)
- Figure 22 : Vitrectomie (52)
- Figure 23 : Coloration de la MLI par injection de colorant bleu (53)
- Figure 24 : Pelage de la MLI colorée (52)
- Figure 25 : Echange fluide-air (55)
- Figure 26 : Pose de la membrane amniotique au niveau du trou maculaire (56)
- Figure 27 : OCT maculaire préopératoire (63)
- Figure 28 : OCT maculaire et photographie du fond d'œil à M3 (63)
- Figure 29 : Tableau de recueil des résultats
- Figure 30 : Graphique en courbe indiquant la variation des moyennes de la MAVC dans le temps
- Figure 31 : Graphique indiquant la position du greffon en postopératoire
- Figure 32 : Graphique indiquant le taux de fermeture du TM chez les patients avec un greffon bien placé
- Figure 33 : OCT maculaire d'un TM avant GMA (65)
- Figure 34 : OCT maculaire postopératoire (65)
- Figure 35 : Photographie du fond d'œil postopératoire (65)
- Annexe 1 : Tableau de recueil des données
- Annexe 2 : Test statistique

## Liste des abréviations utilisées dans l'ordre d'apparition

DMLA : Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age  
TM : Trou Maculaire  
GMA : Greffe de Membrane Amniotique  
EPR : Epithélium Pigmentaire de la Rétine  
SI : Segment Interne des photorécepteurs  
SE : Segment Externe des photorécepteurs  
MLE : Membrane Limitante Externe  
CNE : Couche Nucléaire Externe  
CPE : Couche Plexiforme Externe  
CNI : Couche Nucléaire Interne  
CPI : Couche Plexiforme Interne  
CCG : Couche des Cellules Ganglionnaires  
FN : Fibres Nerveuses  
MLI : Membrane Limitante Interne  
GABA : acide  $\gamma$ -aminobutyrique  
GAG : glycosaminoglycane  
LA : Longueur Axiale  
OCT : *Optical Coherence Tomography*  
EGF : *Epidermal Growth Factor*  
TGF $\beta$  : *Transforming Growth Factor Beta*  
FGF : *Fibroblast Growth Factor*  
VIH : Virus de l'Immunodéficience Humaine  
LogMAR : *Logarithm of the Minimum Angle of Resolution*  
MAVC : Meilleure Acuité Visuelle Corrigée  
BCVA : *Best Corrected Visual Acuity*  
V25G : Vitrectomie 25 Gauge  
BSS : *Balanced Salt Solution*  
EFA : Echange Fluide-Air  
PKE : Phakoémulsification

# Introduction

La rétine est la couche la plus interne de l'œil. Composée de plusieurs sous-couches, son rôle principal est de réceptionner l'information visuelle et de la convertir en influx nerveux, influx qui sera traité par le cerveau. La rétine apparaît ainsi comme une structure primordiale à la vision.

Cependant, de nombreuses pathologies peuvent toucher la rétine. Atteignant 25% des plus de 60 ans, (1) la Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age (DMLA) est la pathologie rétinienne la plus connue. Comme son nom l'indique, elle consiste en une dégénérescence de la macula, zone centrale de la rétine.

Une autre pathologie rétinienne moins connue est le trou maculaire (TM). Il se caractérise par une perte de tissu rétinien au niveau de la macula, créant un trou de pleine épaisseur. Très souvent idiopathique, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de facteur causal, le trou maculaire survient davantage chez les femmes que chez les hommes.

Apparaissant comme incurable pendant longtemps, le développement des techniques chirurgicales a permis de trouver une manière de fermer le trou maculaire : c'est la vitrectomie avec pelage et tamponnement. Le taux de succès de cette opération est proche de 100% pour les trous ayant une taille inférieure à 400 $\mu$ m. Ce taux diminue considérablement pour les trous maculaires de grande taille (>400 $\mu$ m). (2) D'autres techniques chirurgicales sont alors proposées.

La greffe de membrane amniotique (GMA), technique sur laquelle porte notre étude, est récente et n'est utilisée qu'en seconde intention, lorsque le trou maculaire de grande taille n'est pas fermé, malgré une chirurgie initiale. La membrane amniotique est la couche qui tapisse la partie interne du placenta. L'opération consiste à réaliser une vitrectomie classique combinée à une pose du patch de membrane amniotique.

L'objectif de notre étude est de déterminer l'apport de cette technique pour le traitement du trou maculaire. Nous chercherons à déterminer si la greffe de membrane amniotique permet une augmentation de la qualité visuelle du patient.

Notre mémoire se décompose en deux parties : théorique et pratique.

Dans la partie théorique seront détaillés : l'anatomie de la rétine et du vitré, les étiologies et stades de développement du trou maculaire. Nous décrirons également les étapes de la chirurgie du trou maculaire avec la composition et l'origine de la membrane amniotique ainsi que la prise en charge postopératoire.

Dans la partie pratique, il s'agira de comparer les acuités visuelles avant et après opération des patients ayant bénéficié d'une greffe de membrane amniotique pour le traitement de leur trou maculaire. Nous vérifierons aussi le bon positionnement du greffon ainsi que la fermeture du trou maculaire.

# Partie théorique

## I. Rappels anatomiques et physiologiques

### I. A. Anatomie et histologie de la rétine

#### I. A. 1. Couches de la rétine

La rétine est une membrane transparente qui tapisse la partie la plus interne du globe oculaire. Il s'agit d'une membrane photosensible et pluristratifiée qui convertit le signal lumineux en signal nerveux. Sa surface externe est en contact avec la membrane de Bruch de la choroïde et sa surface interne avec le corps vitré. (3)

Elle se décompose en 10 couches, de l'extérieur vers l'intérieur :

- 1) L'épithélium pigmentaire de la rétine (EPR)
- 2) Les segments internes (SI) et externes (SE) des photorécepteurs
- 3) La membrane limitante externe (MLE)
- 4) La couche nucléaire externe (CNE)
- 5) La couche plexiforme externe (CPE)
- 6) La couche nucléaire interne (CNI)
- 7) La couche plexiforme interne (CPI)
- 8) La couche des cellules ganglionnaires (CCG)
- 9) La couche des fibres nerveuses (FN)
- 10) La membrane limitante interne (MLI)

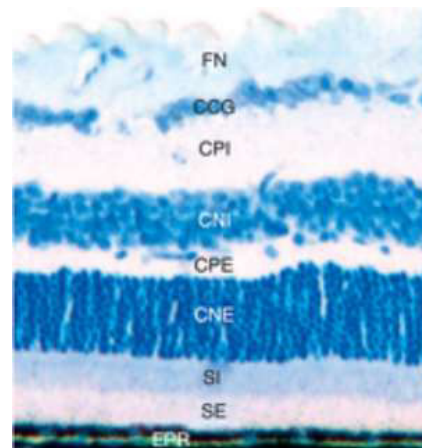


Figure 1 : Coupe histologique des couches de la rétine (3)

La lumière perçue par l'œil traverse la cornée, l'humeur aqueuse, le cristallin, le corps vitré, puis la rétine. Elle arrive au niveau des photorécepteurs et est transformée en information nerveuse. Cet influx circule ensuite dans l'autre sens : des photorécepteurs vers les cellules ganglionnaires, cellules qui transmettent l'information au cerveau (thalamus) via le nerf optique. (4)

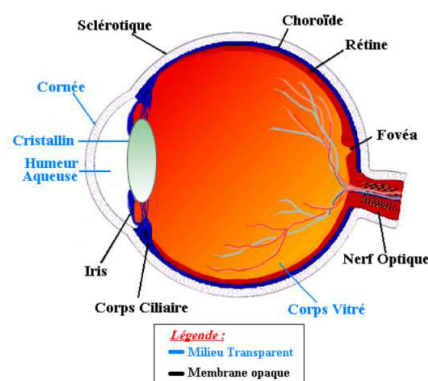


Figure 2 : Schéma anatomique de l'œil (5)

### 1) L'épithélium pigmentaire de la rétine

Il se situe entre la membrane de Bruch de la choroïde et les segments externes et internes des photorécepteurs. Ses cellules sont hexagonales et contiennent des pigments de mélanine et des grains de lipofuscine. La mélanine a pour rôle d'absorber l'excès de photons pour empêcher la réflexion de la lumière vers les couches internes de la rétine. Les grains de lipofuscine sont constitués de lipides non digérés et de résidus protéiques.

L'épithélium pigmentaire est impliqué dans le recyclage des segments externes des photorécepteurs par phagocytose en réalisant un renouvellement complet en 10 jours seulement.

Au niveau des pôles basal et apical, on distingue des microvillosités qui permettent d'augmenter la surface d'échanges métaboliques entre l'EPR et la choriocapillaire. (3)

### 2) Les segments internes (*inner segment*) et externes (*outer segment*) des photorécepteurs

On retrouve deux types de photorécepteurs : les cônes et les bâtonnets. Les cônes sont des cellules qui assurent la vision photopique ou vision diurne, la vision des couleurs et des détails. Leur concentration est la plus importante au niveau de la fovéa. Ils contiennent un pigment spécifique : l'iodopsine. A l'inverse, les bâtonnets (*rods*) sont mis en jeu dans la vision scotopique ou vision nocturne. Ils sont très nombreux en périphérie de la rétine. Leur pigment spécifique est la rhodopsine.

Le segment externe des photorécepteurs constitue le site de la phototransduction, c'est-à-dire, la transformation du signal lumineux en signal nerveux. Le segment interne, divisé en 2 parties (ellipsoïde et myoïde), joue un rôle métabolique au niveau de l'ellipsoïde et permet la synthèse de protéines au niveau du myoïde. (3)

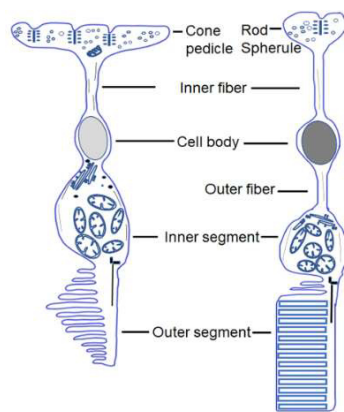


Figure 3 : Schéma d'un cône et d'un bâtonnet (6)

### 3) La membrane limitante externe établit une zone d'adhérence entre les segments internes des photorécepteurs et la couche nucléaire externe.

### 4) La couche nucléaire externe contient les noyaux des photorécepteurs.

- 5) La couche plexiforme externe définit la zone de contact synaptique entre les photorécepteurs, les cellules bipolaires et les cellules horizontales. On l'appelle aussi la couche des fibres de Henlé. (7)
- 6) La couche nucléaire interne est composée des noyaux de quatre types de cellules : les cellules bipolaires, horizontales, amacrines et cellules gliales de Muller. Cette couche s'arrête au niveau de la fovéa.
- 7) La couche plexiforme interne constitue une autre zone de contact synaptique. Cette fois-ci, la synapse se réalise entre les cellules bipolaires, les cellules ganglionnaires et les cellules amacrines. Comme la couche nucléaire interne, on ne la trouve pas au niveau de la fovéa.
- 8) La couche des cellules ganglionnaires renferme les noyaux des cellules ganglionnaires.
- 9) La couche des fibres nerveuses comporte les axones des cellules ganglionnaires qui convergent au nerf optique. Elle contient également les artères et veines rétiniennes.
- 10) La membrane limitante interne est la membrane basale des cellules de Muller. (3)

### I. A. 2. Cellules rétinienne et leur rôle

Les photorécepteurs décrits ci-dessus ne sont pas les seules cellules de la rétine. En effet, d'autres cellules sont mises en jeu dans la transmission du signal nerveux.

Après phototransduction, les cellules bipolaires recueillent le signal nerveux et réalisent une synapse avec les dendrites des cellules ganglionnaires et amacrines. Ces cellules ganglionnaires vont ensuite projeter au niveau du thalamus et ainsi transmettre l'information nerveuse au cerveau.

D'autres cellules participent à la régulation de cette transmission, ce sont les cellules dites intermédiaires. (3)

Les cellules horizontales sont des interneurons multipolaires qui ont pour rôle d'inhiber l'action des cellules bipolaires. Pour cela, elles libèrent dans la fente synaptique deux types de neurotransmetteurs inhibiteurs : le GABA ou la glycine. Il y a alors une inhibition latérale qui entraîne une augmentation de la résolution spatiale et du contraste, car seul un petit groupe de neurones a été activé. (8)

Les cellules amacrines sont des neurones dépourvus d'axone qui réalisent des contacts synaptiques avec les dendrites des cellules ganglionnaires et l'axone des cellules bipolaires. De la même façon que les cellules horizontales, elles possèdent une fonction d'inhibition des cellules bipolaires. Elles participent ainsi à une augmentation de la résolution spatiale.

Les cellules de Muller sont des cellules gliales qui ont pour mission la nutrition et le soutien des cellules de la rétine. Elles sont impliquées dans la régulation du flux sanguin rétinien et jouent un rôle dans le maintien de la barrière hémato rétinienne. Leurs noyaux sont localisés dans la couche nucléaire interne.

Les astrocytes permettent la nutrition de la rétine en établissant des contacts avec les vaisseaux rétinéens. Ces cellules sont principalement situées autour du nerf optique et le long des faisceaux des fibres. (3)

### I. A. 3. Zones spécialisées de la rétine

En plus de ses nombreuses cellules fonctionnelles, la rétine possède 3 régions spécialisées : la macula, la fovéa et le disque optique.

La macula est composée de deux régions : la fovéola et la fovéa. La fovéola est au centre de la fovéa, elle-même située au centre de la macula. Elle mesure 5,5mm de diamètre et se situe à environ 4mm latéralement au disque optique. Elle contient des pigments spécifiques (lutéine et zéaxanthine) qui lui donnent sa couleur jaunâtre. (9) La macula assure la vision photopique et la vision centrale.

La fovéa est le point de rencontre entre la rétine et l'axe visuel, elle forme une dépression de 1,5mm de diamètre. Elle est incluse dans la macula. Elle se découpe en deux parties : une partie périphérique et une partie centrale, la fovéola. On trouve dans la fovéola, de l'extérieur à l'intérieur : l'épithélium pigmentaire, la couche des photorécepteurs, la couche nucléaire externe et la couche plexiforme externe. On peut remarquer qu'à cet endroit, la rétine ne comporte plus que quatre couches. Dans la couche des photorécepteurs, on ne retrouve que les cônes, la résolution spatiale est donc maximale. De plus, cette zone est totalement avasculaire.

Le disque optique ou papille optique est une région de 1,5mm de diamètre où convergent les axones des cellules ganglionnaires qui forment le nerf optique. Elle est totalement dépourvue de photorécepteurs, c'est pour cela qu'on l'appelle aussi la tache aveugle.

La rétine est une tunique fine, son épaisseur est inférieure à 500µm. Elle va s'épaissir progressivement, passant de 110µm en périphérie à 500µm au niveau de l'aire maculaire, zone où elle atteint son épaisseur maximale. En revanche, elle est la plus fine au niveau de la fovéola, zone de dépression. (3)

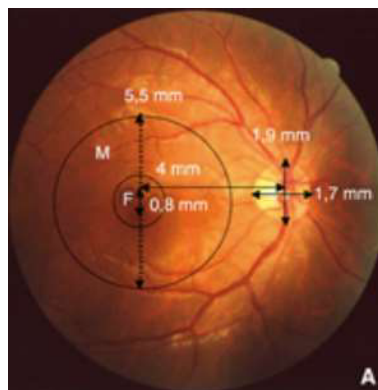


Figure 4 : Photographie du fond d'œil (3)

Nous verrons que l'épaisseur de la rétine sera fortement impactée en cas de trou maculaire.

#### I. A. 4. Vascularisation

La rétine bénéficie d'une double irrigation : la rétine externe composée de l'épithélium rétinien et des photorécepteurs compte sur la diffusion via la choriocapillaire (réseau choroïdien), alors que les autres couches sont irriguées par l'artère et les veines centrales de la rétine (réseau capillaire).

##### 1) Le réseau capillaire

L'artère rétinienne centrale est une branche de l'artère ophtalmique. Elle peut aussi émerger de l'artère ciliaire longue médiale dans environ 40% des cas. Elle se divise ensuite en deux branches : supérieure et inférieure. Chaque branche donne à nouveau deux branches : nasale et temporale. Ces branches terminales vont encore se diviser pour donner des collatérales jusqu'à la formation d'un réseau complet qui viendra irriguer l'ensemble de la rétine interne. La veine rétinienne assure le drainage rétinien en se déversant dans la veine ophtalmique supérieure. Rappelons que la fovéa est dépourvue de capillaires rétiens.

##### 2) Le réseau choroïdien

La choroïde est un tissu situé entre la membrane de Bruch en arrière et la sclère en avant. Sa surface interne est en contact avec l'épithélium pigmentaire de la rétine. Son rôle principal est d'assurer la nutrition et la vascularisation de la rétine externe. La choroïde comporte trois types de vaisseaux : les capillaires ou choriocapillaires, les vaisseaux de gros calibre situés dans la couche de Haller, et les petits vaisseaux, qu'on retrouve dans la couche de Sattler. Il existe un gradient protéique entre la choroïde et la rétine qui permet le passage de protéines et de macromolécules contribuant au maintien structural de la rétine. (3)

### I. B. Anatomie du vitré

#### I. B. 1. Composition

Le vitré est un gel viscoélastique transparent. Il est situé entre le cristallin en avant et la rétine en arrière. Il est composé d'eau (98%), de collagène de type II et d'acide hyaluronique. Le collagène se présente sous forme de fibrilles qui sont disposées de façon à créer un réseau continu. L'acide hyaluronique est une macromolécule glucidique qui fait partie de la famille des glycosaminoglycanes (GAG). Avec le collagène, il assure l'aspect visqueux du corps vitré.

Le vitré est constitué de 2 populations de cellules : les hyalocytes et les fibroblastes.

Les hyalocytes sont des macrophages qui réalisent la phagocytose des déchets du vitré.

Les fibroblastes ont pour rôle de synthétiser les fibrilles de collagène.

Le vitré est composé de plusieurs parties.

Le cortex est la partie la plus externe du vitré, où la densité en collagène est la plus importante. On y retrouve le ligament de Wieger, qui permet au vitré de se fixer à la face postérieure du cristallin. (10)  
La partie externe du cortex est la membrane hyaloïde. (11)



Le canal hyaloïde ou canal de Cloquet traverse totalement le vitré en allant de la partie postérieure de la fosse hyaloïde vers le disque optique en arrière.

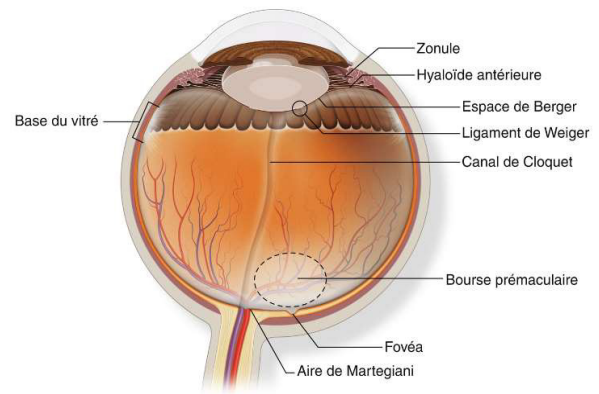


Figure 5 : Schéma anatomique des structures du vitré (10)

Le vitré s'élargit à deux endroits : l'élargissement antérieur constitue l'espace de Berger et l'élargissement postérieur est appelé l'aire de Martegiani. (10)

### I. B. 2. Zones d'adhérence

Le vitré a pour rôles principaux de donner de la rigidité au globe oculaire ainsi que de maintenir la rétine plaquée au globe.

Il possède trois zones d'adhérence spécifiques.

Il est tout d'abord rattaché au corps ciliaire en avant au niveau de son cortex. A cet endroit, les fibres de collagène fusionnent avec la membrane basale de l'épithélium ciliaire et la membrane limitante interne de la rétine.

Il réalise une jonction avec le cristallin en avant par l'intermédiaire du ligament de Wieger.

Enfin, il est attaché à la rétine au niveau de la fovéa, à proximité du nerf optique. (12)

## I. C. Caractéristiques de l'œil myope

### I. C. 1. L'œil emmétrope

On appelle un œil emmétrope un œil qui a une excellente vision, sans correction optique. Il possède une longueur axiale (LA) d'environ 24mm. Les rayons lumineux qui traversent les milieux transparents de l'œil (cornée, humeur aqueuse, cristallin, corps vitré) arrivent sur la rétine et y sont focalisés parfaitement. L'image est alors vue nette. (13)

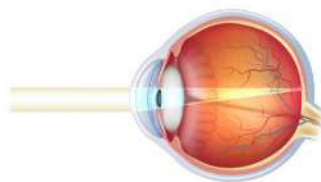


Figure 6 : Schéma d'un œil emmétrope (14)

### I. C. 2. L'œil myope

Contrairement à l'œil emmétrope, l'œil myope est un œil trop grand et trop long. Il a une longueur axiale supérieure à 24mm. L'image va alors se former en avant de la rétine et être perçue floue. La vision est floue de loin et nette de près. (15)

Dans le cas de myopie forte, l'œil étant trop long (LA >26mm), il est plus fragile. (16)

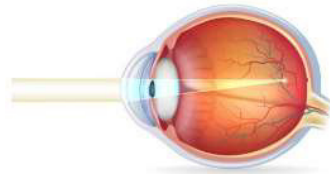


Figure 7 : Schéma d'un œil myope (17)

## II. Le trou maculaire

### II. A. Définition

Le trou maculaire se caractérise par une perte de tissu rétinien au niveau de la macula, formant un trou de pleine épaisseur. (18) Il s'agit d'une déchirance fovéolaire ronde. (19) Il est décrit comme une pathologie de l'interface vitréo-rétinienne. (20)

### II. B. Physiopathologie des trous maculaires

#### II. B. 1. Trous maculaires idiopathiques

Les trous maculaires idiopathiques sont généralement causés par une traction vitréo-maculaire. Au début des années 60, Jaffe et Yoshioka décrivaient 19 cas de trous maculaires associés à une traction vitréo-maculaire. McDonnell et Al notaient qu'une séparation totale du vitré était observée dans tous les cas de trou maculaire. Comme les femmes étaient les plus touchées, McDonnell et Al pensaient que les fluctuations des quantités d'œstrogène entraînaient une déstabilisation et une liquéfaction du vitré, par conséquent, une séparation du vitré et la formation du trou maculaire. (18) C'est cette hypothèse physiopathologique qui semble être la plus fréquente.

#### II. B. 2. Trous maculaires secondaires

Les trous maculaires peuvent également être liés à une étiologie spécifique :

- Les traumatismes : Dans les premiers cas reportés, les patients étaient jeunes et un traumatisme oculaire avait été avéré pour la moitié de ces patients. Le trou maculaire traumatique toucherait plus fréquemment les hommes que les femmes. (18) Chez l'enfant, le traumatisme oculaire serait la première cause du trou maculaire. (21) Le trou maculaire pourrait également être causé par un traumatisme indirect comme un souffle sur le côté de la tête ou des projectiles dans l'orbite. En 1970, Aaberg considérait que seulement 9% des trous maculaires étaient d'origine traumatique. (18)

- Les œdèmes maculaires (dégénérescences cystoïdes) : Quelle que soit leur cause, les œdèmes maculaires cystoïdes (diabète, DMLA) peuvent donner des trous maculaires sans traction vitréo-maculaire. (22)

## II. C. Facteurs de risque du trou maculaire

### II. C. 1. L'âge

La traction antéro-postérieure au niveau de l'interface vitréo-rétinienne est une cause majeure du développement du trou maculaire. En effet, avec l'âge, le gel vitréen devient plus liquide et peut se décoller. Il peut alors tirer sur la rétine en arrière et emporter du tissu rétinien. (23)

### II. C. 2. La myopie

Les patients myopes forts sont plus sujets à développer un trou maculaire en raison des caractéristiques anatomiques de l'œil myope. (23)

### II. C. 3. Sexe féminin et antécédent de trou maculaire

Le trou maculaire est principalement idiopathique, c'est-à-dire qu'on ne retrouve pas de cause précise à sa formation. Néanmoins, il est plus fréquent chez les femmes par rapport aux hommes. (23) Par ailleurs, le taux de bilatéralisation des trous maculaires est d'environ 10% : l'œil adelphe est donc à risque en cas d'antécédent de trou maculaire. (24)

## II. D. Stades de développement du trou maculaire idiopathique et classification

Les trous maculaires sont une atteinte de la macula qui en majorité sont dus à une traction vitréo-maculaire accompagnée d'une adhésion vitréo-maculaire. Il faut donc détailler les différents points menant à un trou maculaire.

### II. D. 1. L'adhésion vitréo-maculaire

La première étape de la formation du trou maculaire correspond à l'adhésion vitréo-maculaire. On décrit comme stade d'adhésion vitréo-maculaire, la période où la hyaloïde est encore attachée au centre de la fovéa lorsque celle-ci commence à se détacher en péri-fovéolaire. Elle se décrit par un détachement physiologique péri-fovéal de la couche externe du vitré (appelée cortex) mais avec une persistance d'une accroche de la hyaloïde postérieure sur le centre de la fovéa sans provoquer de déformation kystique. (19)

L'adhésion peut être focale (<1500µm) ou large (>1500µm) et/ou isolée ou associée à une autre pathologie de la rétine.

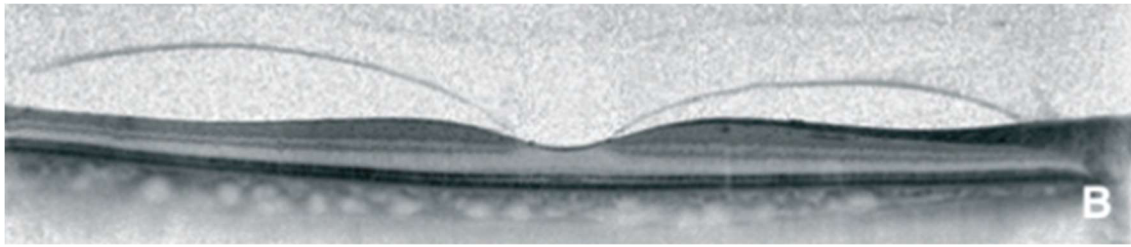


Figure 8 : Schéma d'une attache vitréo-maculaire focale isolée (19)

Dans la nouvelle classification, cela correspondrait au stade 0 du trou maculaire qui est décrit par Chan et al comme étant un décollement partiel du vitré au niveau de la fovéa sans kyste rétinien ni inversion de l'entonnoir fovéolaire. (25)

L'adhésion vitréo-maculaire peut évoluer vers la traction vitréo-maculaire puis le trou maculaire ou peut céder spontanément sans laisser de séquelle.

#### II. D. 2. La traction vitréo-maculaire

Si la hyaloïde postérieure exerce une traction sur la rétine, l'entonnoir fovéolaire s'inverse et il peut se former une cavité hypo réfléchive intra-fovéolaire : il s'agit de la traction vitréo-maculaire. Un élargissement progressif de la cavité en même temps que le toit du kyste prend un aspect convexe. C'est alors qu'un clivage péri-fovéolaire est aperçu entre la rétine interne et la rétine externe s'accompagnant d'un étirement des photorécepteurs qui s'élargit, visible par un anneau jaune. (19)

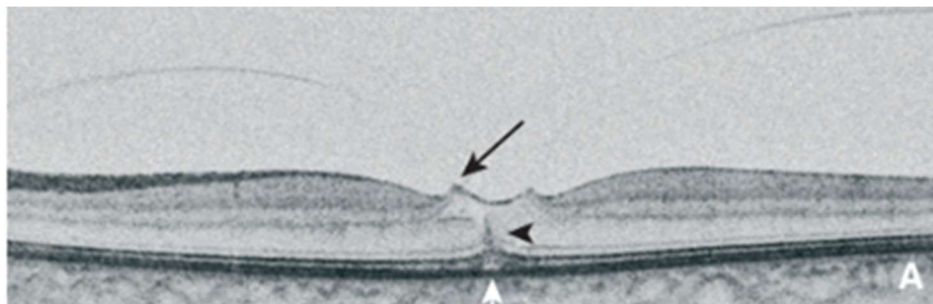


Figure 9 : Traction vitréo-maculaire avec élévation du plancher fovéolaire (19)

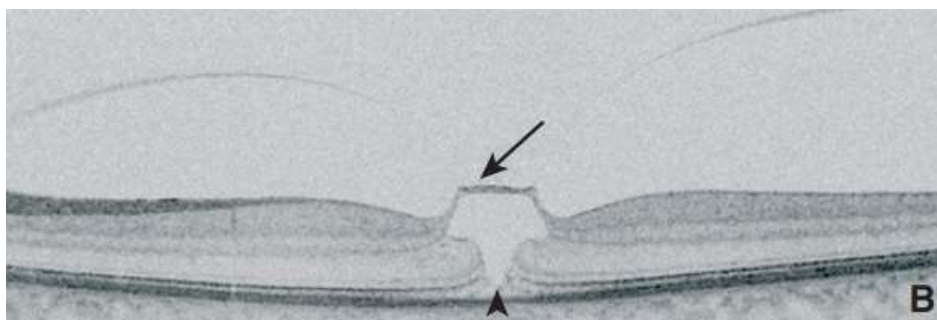


Figure 10 : Traction vitréo-maculaire avec élévation et inversion du plancher fovéolaire qui forment le toit du kyste (19)

Avec le temps, le vitré peut se détacher et un trou maculaire de pleine épaisseur peut apparaître. On peut pendant sa formation observer une désorganisation du tissu rétinien avec de nombreuses logettes d'œdèmes cystoïdes.

### II. D. 3. Classification

Lorsque la macula est ouverte sur toute son épaisseur, on parle de trou maculaire.

Selon une étude faite par l'International Vitreomacular Traction Study Group, nous pouvons classer les trous maculaires en distinguant les adhérences vitréo-maculaires et les tractions vitréo-maculaires. (26) Cette classification se base sur 3 éléments :

- La taille selon le diamètre du trou maculaire :
  - Petit si  $<250\mu\text{m}$
  - Moyen entre 250 et  $400\mu\text{m}$
  - Grand si  $>400\mu\text{m}$
- La présence ou l'absence d'une traction vitréo-maculaire
- L'étiologie : primaire ou secondaire

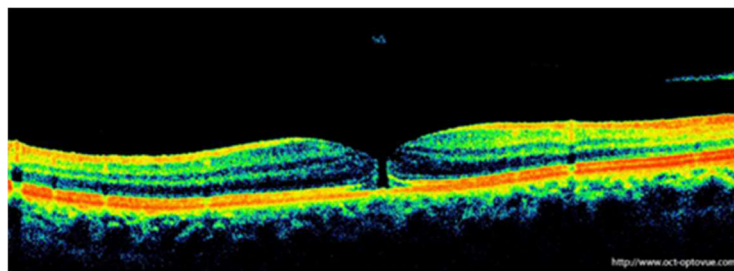


Figure 11 : Trou maculaire de petite taille sans traction vitréo-maculaire associée (27)

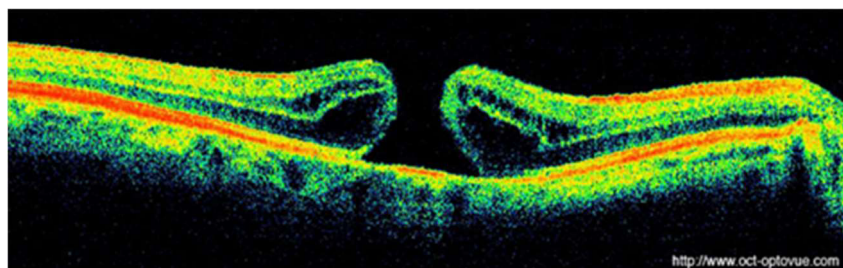


Figure 12 : Trou maculaire de grande taille sans traction vitréo-maculaire associée (27)

## II. E. Diagnostic

### II. E. 1. Signes fonctionnels

Les trous maculaires sont à l'origine d'une baisse de l'acuité visuelle souvent brutale de près comme de loin, associée à un scotome central et des métamorphopsies. (28) Les métamorphopsies se caractérisent par des déformations des lignes verticales et/ou horizontales perçues par le patient. (29)

### II. E. 2. Examens

#### II. E. 2. a) Tomographie à cohérence optique (OCT)

L'examen principal permettant de diagnostiquer le trou maculaire est l'OCT (ou tomographie à cohérence optique). Il s'agit d'un scanner des différentes couches de la rétine. (30) Grâce à cet examen, nous pouvons diagnostiquer le trou maculaire, visualiser la présence de traction vitréo-maculaire associée, mesurer l'épaisseur du trou maculaire, renseigner sur le stade du trou maculaire et faire la différence entre trou maculaire et ses diagnostics différentiels comme les pseudos trous ou les trous lamellaires.

Le trou lamellaire est issu de la traction vitréo-maculaire qui a provoqué une déformation fovéale avec un kyste et ensuite l'arrachage de celui-ci entraîne un trou partiel plus un amincissement fovéal. (31) Le décollement postérieur du vitré est toujours présent sur la fovéa et l'opercule peut y être apparent. Le trou lamellaire est diagnostiqué à l'OCT et il nous montre l'amincissement fovéolaire central et nous montre également une épaisseur maculaire normale. Ce type de trou ne nécessite souvent pas d'intervention chirurgicale. (32)

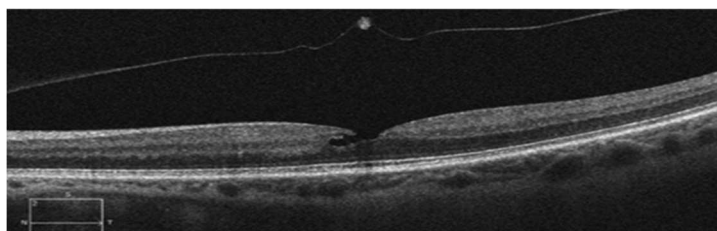


Figure 13 : Cliché d'OCT maculaire d'un trou lamellaire (33)

Le pseudo trou maculaire est une variante de la membrane épirétinienne qui présente un épaissement maculaire avec une contraction des bords fovéolaires. Dans ce cas précis, le décollement postérieur du vitré n'est pas forcément présent. L'OCT nous permet de distinguer la membrane épirétinienne, la verticalisation des bords fovéolaires ainsi que l'épaississement maculaire et fovéolaire central. Le pseudo trou se traite bien par chirurgie comme la vitrectomie et le pelage sans gaz. (32)

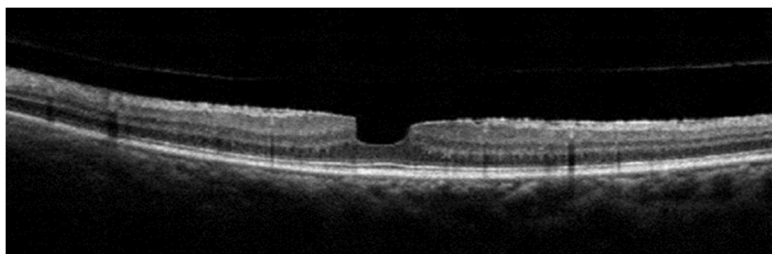


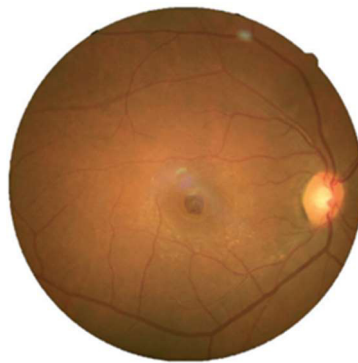
Figure 14 : Cliché d'OCT d'un pseudo trou maculaire (34)

## II. E. 2. b) Fond d'œil

Après dilatation de la pupille, l'ophtalmologiste utilise une lampe à fente et projette une fente lumineuse sur l'œil du patient. Pour analyser le fond de l'œil et voir le trou maculaire, il utilise une lentille de +90 ou +78 dioptries. (35)

L'orthoptiste peut également réaliser une photographie du fond d'œil avec un rétinophotographe.

L'examen du fond d'œil fait apparaître comme une perte du tissu rétinien de manière arrondie au niveau de la macula. En analysant l'image du fond d'œil, il est possible de repérer des points blancs jaunâtres sur l'épithélium pigmenté qui correspondent à des proliférations focales de celui-ci. On observe que le trou est élargi par un œdème micro kystique. On peut également y retrouver un opercule pré fovéolaire translucide et dans la plupart des cas, plus petit que le trou. (19)



*Figure 15 : Trou maculaire visible sur une photographie du fond d'œil (19)*

## II. F. Pronostic

Il existe plusieurs facteurs qui peuvent prédire la fermeture du trou maculaire :

- La taille du trou : un trou de petite taille a plus de chance de se refermer spontanément qu'un trou de grande taille
- L'évolution du trou : plus la chirurgie est réalisée rapidement, meilleur est le résultat

La chirurgie du trou maculaire a un pourcentage de complication de décollement de rétine et de réouverture du trou inférieur à 2%. (19)

Une méta-analyse a été faite concernant les résultats du traitement des trous maculaires réfractaires par greffe de membrane amniotique. Les critères étudiés par l'étude sont le taux de fermeture du trou maculaire, l'amélioration de l'acuité visuelle et le pourcentage de luxation/contracture (ou déplacement) du greffon.

8 études sur 103 yeux ayant eu un échec de vitrectomie avec un pelage de la membrane limitante interne sont incluses dans cette méta-analyse. On observe une amélioration de l'acuité visuelle de 66% avec un taux de fermeture du trou maculaire de 94% ainsi qu'un pourcentage de luxation/contracture du greffon de 6%.



Nous pouvons donc constater un taux élevé de fermeture de trou maculaire par traitement de membrane amniotique avec une amélioration de l'acuité visuelle. (36)

### III. Chirurgie du trou maculaire avec greffe de membrane amniotique

#### III. A. Composition et provenance du greffon

##### III. A. 1. Propriétés de la membrane amniotique

La membrane amniotique est une couche semi-transparente qui tapisse la partie interne du placenta. Elle est composée d'un stroma, d'une membrane basale contenant du collagène IV et V, de laminine et d'un épithélium. Elle a une épaisseur comprise entre 0,02 et 0,05mm. (37)

Ses propriétés sont uniques. Elle est très résistante et possède des propriétés anti-inflammatoire, anti-microbienne, anti-fibrotique grâce à ses différents facteurs de croissance : l'EGF (*epidermal growth factor*), le TGFβ (*transforming growth factor beta*), le FGF (*fibroblast growth factor*). (38)

Son principal avantage est de faiblement exprimer les antigènes d'histocompatibilité et donc de fortement diminuer le risque de rejet de greffe. Ce risque étant extrêmement faible. (37)

##### III. A. 2. Prélèvement

Les placentas sont collectés après consentement éclairé de la mère et après une césarienne d'un enfant en bonne santé. Différents examens biologiques sont réalisés le jour de l'accouchement : les sérologies VIH-1 et 2, hépatites B et C et syphilis ainsi que l'antigénémie p24 et les PCR VIH, hépatites B et C. Le placenta est prélevé par l'obstétricien au bloc opératoire en conditions stériles et rincé dans une solution saline contenant de la pénicilline, de la streptomycine, de la néomycine et de l'amphotéricine B. L'amnios est séparé du chorion. (39)

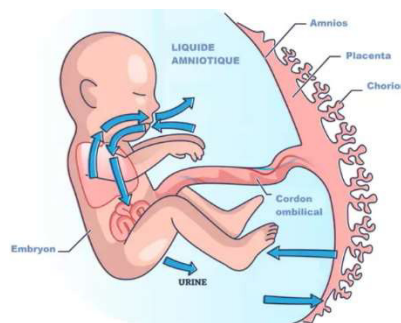


Figure 16 : Schéma du chorion (40)



On dépose des carrés de 4 cm de membrane de nitrocellulose pour que l'amnios adhère dessus.



Figure 17 : Amnios déposé sur le support (39)



Figure 18 : Supports en nitrocellulose disposés sur l'amnios (39)

Ces carrés sont découpés au bistouri puis roulés et introduits dans des flacons qui contiennent du glycérol et du milieu de culture.



Figure 19 : Découpe des carrés de membrane amniotique (39)



Figure 20 : Introduction dans les flacons dédiés (39)

### III. A. 3. Conservation

#### III. A. 3. a) Cryoconservation

Les flacons sont conservés à  $-80^{\circ}\text{C}$  pendant une durée maximale d'un an. Il s'agit de la conservation la plus réalisée, or, elle rend la manipulation de la membrane délicate, ce qui entraîne un taux de déchirure peropératoire élevé. (37)

#### III. A. 3. b) Lyophilisation

D'une autre manière, la membrane lyophilisée est congelée puis presque totalement déshydratée et conservée sous vide à température ambiante. Il suffit de rajouter de l'eau pour qu'elle soit de nouveau exploitable. (41)

#### III. A. 3. c) Procédé Amtrix©

Il est adopté par la Commission Nationale d'Evaluation des Dispositifs Médicaux et des Technologies de Santé en juin 2022, et breveté par *TBF tissue engineering*.

VISIO AMTRIX est une membrane amniotique viro-inactivée, lyophilisée et stérilisée par rayon gamma. Contrairement à la cryoconservation, cette nouvelle conservation peut durer 5 ans à température ambiante. Cette membrane est prête à l'emploi sans hydratation nécessaire en amont de l'opération. La membrane a une épaisseur moyenne de  $100\mu\text{m}$  et est composée d'une couche épithéliale, d'une membrane basale, d'une couche collagénique et d'une couche spongieuse. (42)

### III. B. Prise en charge préopératoire

#### III. B. 1. Tomographie à cohérence optique (OCT)

Comme détaillé précédemment, l'OCT est un examen primordial qui permet de visualiser le trou maculaire. Il permet de déterminer sa taille, le stade auquel il appartient. Il est alors nécessaire de le réaliser avant l'opération. (30)

#### III. B. 2. Acuité visuelle

La prise d'acuité visuelle est essentielle lors de l'examen ophtalmologique de toute pathologie oculaire. Il s'agit d'un test subjectif, basé sur les réponses du patient. L'acuité visuelle est prise par l'orthoptiste. Elle est en monoculaire (un œil testé à la fois) et en binoculaire de loin (à 5 m) et de près (à 33 cm). Des lettres (ou des chiffres) sont présentées et le patient doit en lire le plus possible.

Il existe plusieurs unités de mesure de l'acuité visuelle : la mesure décimale (10/10) ou le LogMAR (*Logarithm of the Minimum Angle of Resolution*). (43)

On parle de meilleure acuité visuelle corrigée (MAVC) ou BCVA (*Best Corrected Visual Acuity*) car l'orthoptiste tente d'obtenir la meilleure acuité possible en réalisant une réfraction subjective. Son principe est de trouver la sphère et le cylindre les plus adaptés aux besoins optiques du patient. (44)

L'acuité visuelle est prise avant l'opération et sera comparée à l'acuité visuelle postopératoire. Elle constitue un critère de jugement de la réussite ou non de la chirurgie.

#### III. B. 3. Fond d'œil

Il permet de visualiser l'étendue du trou maculaire avant la chirurgie. Comme expliqué précédemment, la pupille du patient est préalablement dilatée et l'ophtalmologiste projette une fente lumineuse sur l'œil du patient à l'aide de la lampe à fente. Une lentille de +90 ou +78 dioptries qu'il tient à la main est nécessaire pour visualiser le trou maculaire. (35)

Une photographie du fond d'œil est réalisée par l'orthoptiste à l'aide d'un rétinographe.

#### III. B. 4. Biométrie

Avant toute chirurgie oculaire, une biométrie est réalisée par l'orthoptiste. Elle est non invasive et mesure, entre autres, la longueur de l'œil ou longueur axiale (LA), distance entre la partie antérieure de la cornée et l'épithélium pigmentaire de la rétine. (45) Cette valeur est importante pour déterminer le type d'anesthésie à administrer et permet au chirurgien d'adapter les techniques chirurgicales. (46)

#### III. B. 5. Indications

La chirurgie du trou maculaire de première intention comporte plusieurs étapes :

- Vitrectomie
- Pelage de MLI avec ou sans flap (le flap consiste à conserver la MLI après pelage et la placer dans le trou maculaire)

- Tamponnement par gaz

La vitrectomie avec greffe de membrane amniotique est réalisée en seconde intention dans les cas où une première chirurgie n'a pas fonctionné, lors d'une récurrence du trou maculaire, malgré la vitrectomie. La greffe de membrane amniotique est le plus souvent réalisée dans le cas des trous maculaires de grande taille (de taille supérieure à 400µm). (47)

### III. C. Etapes de l'opération

#### III. C. 1. Installation et anesthésie du patient

Le patient est allongé sur le dos sur un brancard. Des collyres anesthésiants et mydriatiques ont été préalablement instillés dans l'œil du patient.

Arrivé dans la salle d'anesthésie, une perfusion ainsi qu'un brassard à tension et des électrodes sont installés. Une anesthésie locorégionale péribulbaire ou sous-ténonienne est réalisée pour immobiliser le globe oculaire et supprimer la douleur. (48)

Au bloc opératoire, le chirurgien désinfecte l'œil et le visage du patient avec de la BETADINE® puis déplie le champ opératoire qui laisse entrevoir l'œil concerné. Il installe le blépharostat qui permet de maintenir l'œil ouvert pendant toute l'opération. (49)

#### III. C. 2. Vitrectomie et greffe de membrane amniotique

##### 1) Vitrectomie

Cette chirurgie se fait sous microscope. Le chirurgien réalise des sclérotomies en insérant trois trocars 25G (de 0,5mm de diamètre) pour avoir accès à la cavité vitréenne (l'étape est notée V25G).

Sur un des trocars, on met en place une tubulure d'irrigation par gravité munie d'un terminal d'infusion fixé à la sclère et connectée à un flacon de BSS (*Balanced Salt Solution*). Cette infusion permet de maintenir une pression intraoculaire stable après ablation du vitré en injectant du BSS, et permet également l'injection d'air, de gaz et d'huile de silicone en fin de chirurgie si nécessaire.

Pour voir correctement le fond de l'œil pendant la chirurgie, le chirurgien a besoin que cette zone soit bien éclairée. C'est le rôle de l'endo-illumination. Elle est composée d'une fibre optique avec une sonde d'illumination reliée à une source halogène. Le chirurgien tient l'endo-illuminateur dans sa main gauche et l'insère dans le deuxième trocart.

Le dernier trocart, en général celui de la main droite, permet d'insérer le vitréotome, manche avec système de mouvement de piston pneumatique ou électromagnétique dont le rôle est de couper et aspirer le vitré. (50)

Le chirurgien a également besoin d'un système optique pour distinguer nettement et précisément les différentes parties de la cavité vitréenne. Plusieurs systèmes optiques peuvent être utilisés :

- La lentille plan concave assure une vision centrale du pôle postérieur

- Le système optique grand champ avec ou sans contact apporte un plus grand champ de vision mais nécessite un inverseur d'images au niveau du microscope

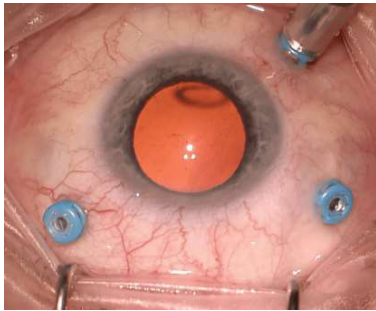


Figure 21 : Pose des trocarts par sclérectomie (51)

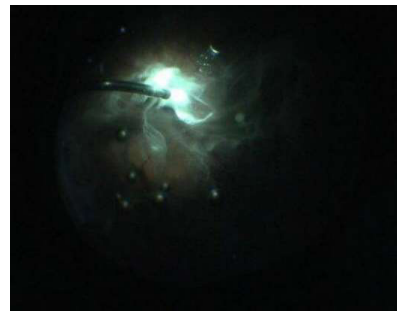


Figure 22 : Vitrectomie (52)

## 2) Coloration de la MLI

Après avoir enlevé tout le vitré de la cavité, une injection du bleu brillant est réalisée. Elle permet la coloration d'une membrane spécifique de la rétine : la membrane limitante interne. Le surplus de colorant est aspiré par le vitréotome. (52)

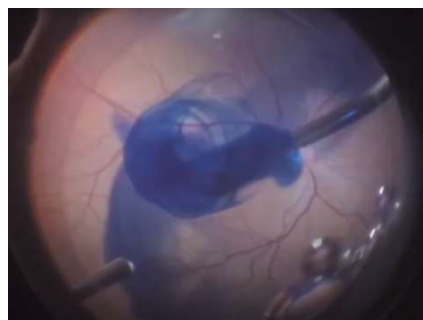


Figure 23 : Coloration de la MLI par injection de colorant bleu (53)

## 3) Pelage de la MLI

La fine membrane est ensuite pelée, c'est-à-dire qu'elle est délicatement décollée de la macula. Cela permet de supprimer les tractions horizontales sur la macula qui favorisent le trou maculaire. Cette étape se réalise à l'aide de micro-pinces. En cas de trou maculaire de grande taille, certains chirurgiens conservent la MLI pelée et la placent dans le trou maculaire pour favoriser sa cicatrisation : cette technique s'appelle « le flap ». (54)

Dans le cas des chirurgies de seconde intention avec greffe de membrane amniotique, la MLI a déjà été pelée lors de la première chirurgie et la technique du flap ne peut pas être utilisée. C'est la greffe de membrane amniotique qui fait alors office de « pansement biologique ». Il faut tout de même vérifier si le pelage ne peut pas être élargi au niveau de la macula. (52)



*Figure 24 : Pelage de la MLI colorée (52)*

#### 4) Echange fluide-air (EFA)

Lors de cette étape, on remplit la cavité vitréenne d'air pour faciliter l'insertion et la pose de la membrane amniotique. On laisse une toute petite quantité d'eau au contact du trou maculaire pour que la membrane amniotique se déplie correctement au contact de la rétine.



*Figure 25 : Echange Fluide-Air (55)*

#### 5) Pose de la membrane amniotique au niveau du trou maculaire

La membrane est décollée de son support puis parfois colorée avec du bleu brillant. Elle est introduite dans la cavité vitréenne par l'intermédiaire d'un des trocars. Elle est ensuite posée sur le trou maculaire à l'aide d'une canule à bout siliconé (placée en épirétinien). La couche spongieuse de la membrane est au contact du trou. Une fois que la membrane amniotique est en place, on injecte du viscoélastique pour la stabiliser.

Cette étape peut être facilitée par l'utilisation de l'OCT per-opératoire qui permet de visualiser précisément la position de la membrane amniotique.



*Figure 26 : Pose de la membrane amniotique au niveau du trou maculaire (56)*

#### 6) Tamponnement par gaz

Le chirurgien réalise un tamponnement par gaz le plus souvent, c'est-à-dire qu'il injecte du gaz qui va venir appuyer sur la rétine et ainsi maintenir la membrane en place. En général, on utilise le gaz SF<sub>6</sub> qui se résorbe après 10-15 jours environ (le C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> peut également être injecté).

De l'huile de silicone peut également être injectée. L'inconvénient du tamponnement par silicone est que celui-ci nécessite une nouvelle intervention chirurgicale pour retirer l'huile de silicone alors que le gaz se résorbe spontanément. (52)

#### 7) Retrait des trocars

Le chirurgien retire les trocars et suture les sclérotomies si besoin.

### III. C. 3. Complications possibles

#### III. C. 3. a) Cataracte

La principale complication de la vitrectomie est la cataracte. Elle peut se déclencher l'année suivant l'opération. La cataracte est une opacification du cristallin. On réalisera alors une chirurgie spécifique pour remplacer le cristallin du patient (appelée phakoémulsification ou PKE). (57)

#### III. C. 3. b) Augmentation de la pression intra-oculaire

Le gaz injecté permet de maintenir la rétine en place en tamponnant, c'est-à-dire qu'il appuie sur la rétine. Ce phénomène engendre une augmentation de la pression intraoculaire postopératoire qui peut être traitée avec des collyres hypotonisants. (58)

#### III. C. 3. c) Endophtalmie

Malgré toutes les précautions prises par le chirurgien pendant l'opération, des organismes infectieux peuvent pénétrer dans la cavité oculaire. L'endophtalmie, c'est-à-dire une infection intra-oculaire, peut apparaître dans les jours qui suivent. Cette complication est grave et nécessite une hospitalisation. (59)

#### III. C. 3. d) Décollement de rétine

Un décollement de rétine peut survenir après toute vitrectomie, avec un risque inférieur à 2%. (19)

### III. D. Prise en charge postopératoire

#### III. D. 1. Soins postopératoires

Après l'opération, le patient doit suivre des traitements postopératoires.

Il doit porter une coque de protection pendant une semaine (seulement la nuit).

L'instillation de collyres antibiotiques, mydriatiques (atropine), anti-inflammatoires (dexaméthasone et flurbiprofène) ainsi que des collyres hypotonisants (bêtabloquants et/ou inhibiteurs de l'anhydrase carbonique) sera prescrite pendant 1 mois. (60)

#### III. D. 2. Convalescence

Le patient doit respecter un positionnement face vers le sol pendant 1 semaine pour aider le gaz injecté à plaquer la rétine : c'est la position « bulle ». (61)

Il lui est interdit de voyager en avion ou à la montagne (plus de 1000m d'altitude) ou de plonger en raison des fortes variations de pression. (49)

### III. D. 3. Contrôles nécessaires

Après l'opération, il faut voir le patient à des intervalles précis :

- 7 jours après l'opération, une mesure de la pression intra oculaire et un OCT seront réalisés mais avec une fiabilité mauvaise due à la présence de gaz dans l'œil opéré. Celui met environ 8 à 45 jours pour se résorber complètement.
- 1 mois après l'opération, le gaz est normalement résorbé donc la mesure de l'acuité visuelle, de la pression intra oculaire et l'OCT seront interprétables par l'ophtalmologiste. Il est important de dilater la pupille du patient pour observer le bon positionnement de la membrane ou voir si celle-ci s'est luxée par un examen du fond d'œil. (62)
- 3 mois, 6 mois et 1 an après l'opération, il faudra vérifier le bon placement du greffon sur la rétine en tenant compte de l'OCT et de l'examen du fond d'œil avec le patient dilaté. L'acuité visuelle sera également prise pour vérifier la bonne stabilité de la vue du patient.

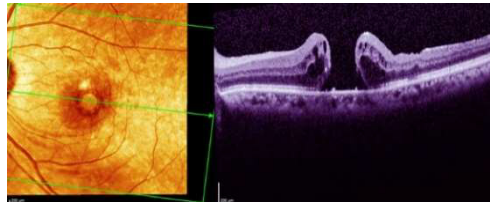


Figure 27 : OCT maculaire préopératoire (63)

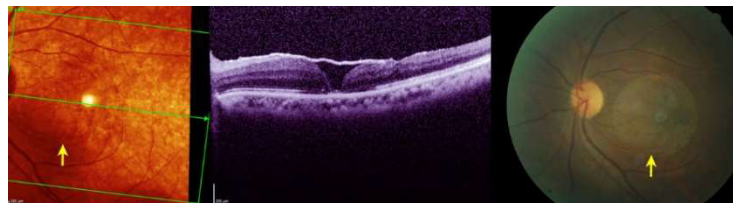


Figure 28 : OCT maculaire et photographie du fond d'œil à M3 (63)

## Conclusion

Nous avons vu que le trou maculaire était une pathologie qui entraînait des conséquences visuelles non négligeables pour le patient. Traité en première intention par vitrectomie avec pelage de la MLI et tamponnement, l'opération peut être un échec lorsqu'une réouverture du trou est constatée. La greffe de membrane amniotique va alors intervenir en seconde intention pour tenter de fermer le trou maculaire. Dans la partie pratique, il s'agira d'évaluer l'apport de cette nouvelle technique pour le traitement du trou maculaire. Nous étudierons alors ce qui conditionne la réussite de l'opération : une amélioration de la qualité visuelle du patient, le bon positionnement du greffon ainsi que la fermeture du trou maculaire.

# Partie pratique

## I. Introduction

Le trou maculaire induit des symptômes visuels non négligeables pour le patient : un scotome central, des métamorphopsies et une baisse d'acuité visuelle importante. La vitrectomie avec pelage de la MLI est la chirurgie de référence et de première intention pour traiter le trou maculaire. Cette technique chirurgicale permet la fermeture du trou dans près de 100% des cas pour les trous de taille inférieure à 400µm. Cependant, elle ne permet pas de fermer les trous maculaires plus larges (de taille supérieure à 400µm). La greffe de membrane amniotique intervient alors en tant que chirurgie de deuxième intention. Combinée à une vitrectomie classique (pelage et tamponnement), la membrane amniotique fait office de pansement qui a pour rôle de combler le trou résiduel.

Le suivi du patient ayant eu une vitrectomie combinée à une greffe de membrane amniotique est indispensable pour constater du gain d'acuité visuelle, du bon positionnement du greffon et de la bonne fermeture du trou maculaire. Pour étudier ces 3 critères, plusieurs examens sont réalisés. On y compte la mesure de l'acuité visuelle pour éliminer tout syndrome maculaire, un OCT maculaire pour observer la macula et donc le bon positionnement du greffon ainsi que la fermeture du trou et un examen du fond d'œil qui permet également d'observer le bon positionnement du greffon. Les examens sont réalisés à plusieurs intervalles de temps : 7 jours (J7), 1 mois (M1), 3 mois (M3) et 6 mois après l'opération (M6).

L'objectif de notre étude est de s'intéresser à l'apport de la greffe de membrane amniotique pour le traitement du trou maculaire en se basant sur les critères suivants : l'amélioration de l'acuité visuelle (MAVC), le bon positionnement du greffon sur la macula, ainsi que la fermeture du trou maculaire sur une durée de 6 mois. Nous cherchons ainsi à évaluer l'efficacité de la greffe de membrane amniotique pour la fermeture du trou maculaire, lorsque la chirurgie de première intention a échoué.



## II. Matériel et méthode

Nous avons réalisé une étude descriptive, monocentrique et rétrospective sur 14 yeux dont les patients étaient suivis au service Ophtalmologie de l'Hôpital de la Croix-Rousse à Lyon entre 2018 et 2022. Les données ont été recueillies à l'aide du logiciel SOFTALMO®. Tous les patients inclus dans l'étude ont eu au moins une vitrectomie de première intention pour le traitement de leur trou maculaire. L'étude a inclus des patients pris en charge après leur diagnostic de trou maculaire, de l'indication de la greffe de membrane amniotique jusqu'à 6 mois après la greffe.

### II. A. Critères d'inclusion

Les patients inclus dans l'étude étaient des patients atteints de trou maculaire de grande taille avec échec d'une première chirurgie et ainsi éligibles à une GMA. Ils devaient obligatoirement avoir réalisé une mesure d'acuité visuelle de loin avant la chirurgie, ainsi que 3 mois et 6 mois après. Nous avons choisi de n'étudier que la vision de loin (la vision de près n'était pas prise de manière systématique à cause de la vision de loin très basse). Un OCT maculaire et un fond d'œil devaient être faits en préopératoire et en postopératoire (à J7, M1, M3, M6).

### II. B. Critères d'exclusion

Pour la mesure de l'acuité visuelle, les patients exclus de l'étude étaient les patients pour qui le suivi n'atteignait pas 6 mois après la greffe.

### II. C. Données recueillies

Le logiciel SOFTALMO® nous a permis de recueillir les données suivantes :

- Âge
- Sexe
- Œil opéré
- Longueur axiale de l'œil étudié (myopie forte ou non)
- Antécédents ophtalmologiques (chirurgies oculaires réalisées)
- Meilleure acuité visuelle corrigée de loin (MAVC) préopératoire en fraction décimale à M1, M3 et M6
- Etude du segment postérieur : OCT maculaire et fond d'œil
- Type de chirurgie réalisée (pelage ou non pelage de la MLI, flap de MLI, gaz ou huile de silicone)

Nous avons délibérément omis le rejet de greffe car aucun de nos patients n'en a présenté.

Les données collectées ont été rangées dans le tableau EXCEL® en annexe 1.

### III. Résultats

Ont été inclus 14 yeux (8 OD et 6 OG), avec 50% d'hommes (n=7) et 50% de femmes (n=7). L'âge moyen du diagnostic du trou était de 61,36 ans (de 36 à 81 ans).

La proportion de myopie forte était de 58,33% (n=7) avec une longueur axiale moyenne de 26,81mm (de 21,97mm à 34,43mm). Le calcul a été réalisé sur 12 yeux car 2 longueurs axiales étaient absentes.

La taille moyenne du trou en préopératoire était de 778,25 $\mu$ m (de 450 $\mu$ m à 1400 $\mu$ m).

En moyenne, les patients avaient réalisé 1,21 vitrectomie avant la greffe de membrane amniotique (allant de 1 à 3 vitrectomies).

La moyenne de la MAVC préopératoire était de 0,154 en fraction décimale (de 0,00087 à 0,3).

La moyenne de la MAVC était de 0,185 en fraction décimale à 3 mois après la greffe de membrane amniotique (de 0,015 à 0,5). A 6 mois, elle était de 0,236 en fraction décimale (de 0,043 à 0,6).

Nous avons considéré que CLD (compte les doigts) à 1m correspondait à 0,029 en fraction décimale et VBLM (voit bouger la main) à 1m correspondait 0,005 en fraction décimale. (64)

La proportion de bon positionnement du greffon à M1, M3 et M6 était de 53,84% (n=7).

Pour l'étude de la position du greffon, on a considéré qu'un bon positionnement du greffon était décrit comme « GMA bien placée ».

A M1, le taux de fermeture tous patients confondus (greffon bien placé et greffon déplacé) était de 46,15% (n=6).

A M3, le taux de fermeture tous patients confondus était de 53,84% (n=7).

A M6, le taux de fermeture tous patients confondus était de 61,53% (n=8).

Le taux de fermeture du TM chez les patients avec un greffon bien placé à M1 et M3 était de 71,43% (n=5).

Le taux de fermeture du TM chez les patients avec un greffon bien placé à M6 était de 85,71% (n=6).

L'évaluation de la fermeture du trou maculaire s'est basée sur la mention « trou fermé » ou « trou maculaire ». Les différents résultats ont été répertoriés dans le tableau et les graphiques ci-dessous.

|                                                                                                      |                     |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| N total                                                                                              |                     | 14                  |
| Age (moyenne, min-max)                                                                               |                     | 61,36 (36-81)       |
| Sexe (en %)                                                                                          | Femme               | 50 (n=7)            |
|                                                                                                      | Homme               | 50 (n=7)            |
| Œil atteint                                                                                          | OD = 8              | OG = 6              |
| Longueur axiale (en mm, min-max) n=12                                                                | 26,81 (21,97-34,43) |                     |
| Myopie forte (en %) n=12                                                                             | 58,33 (n=7)         |                     |
| Taille du trou maculaire en préopératoire (en µm, min-max) n=7                                       | 778,25 (450-1400)   |                     |
| Nombre de vitrectomie(s) avant la greffe (moyenne, min-max)                                          | 1,21 (1-3)          |                     |
| Meilleure acuité visuelle corrigée en VL (moyenne, min-max) n=11                                     | Préopératoire       | 0,154 (0,00087-0,3) |
|                                                                                                      | M3                  | 0,185 (0,015-0,5)   |
|                                                                                                      | M6                  | 0,236 (0,043-0,6)   |
| Proportion de bon positionnement du greffon (en %) n=13                                              | M1                  | 53,84 (n=7)         |
|                                                                                                      | M3                  | 53,84 (n=7)         |
|                                                                                                      | M6                  | 53,84 (n=7)         |
| Taux de fermeture du trou tous patients confondus (greffon bien placé et greffon déplacé, en %) n=13 | M1                  | 46,15 (n=6)         |
|                                                                                                      | M3                  | 53,84 (n=7)         |
|                                                                                                      | M6                  | 61,53 (n=8)         |
| Taux de fermeture du trou avec greffon bien placé (en %) n=7                                         | M1                  | 71,43 (n=5)         |
|                                                                                                      | M3                  | 71,43 (n=5)         |
|                                                                                                      | M6                  | 85,71 (n=6)         |

Figure 29 : Tableau de recueil des résultats

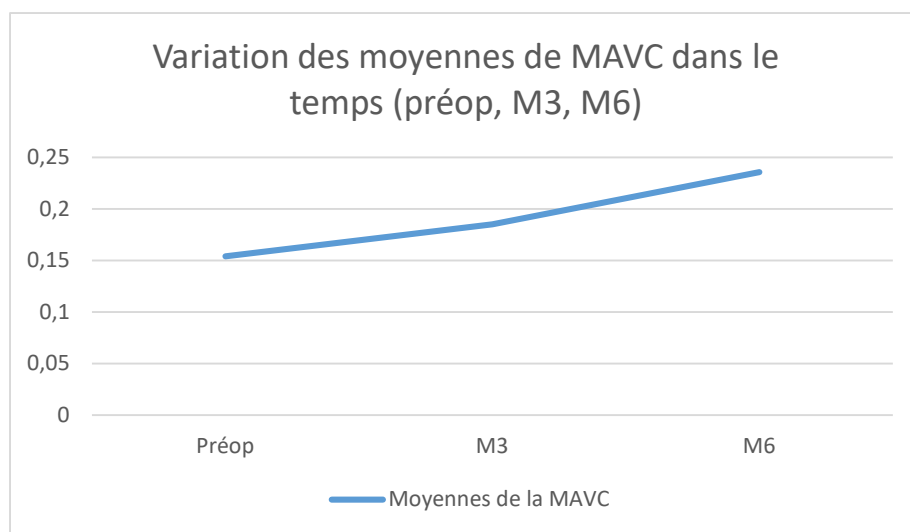


Figure 30 : Graphique en courbe indiquant la variation des moyennes de la MAVC dans le temps

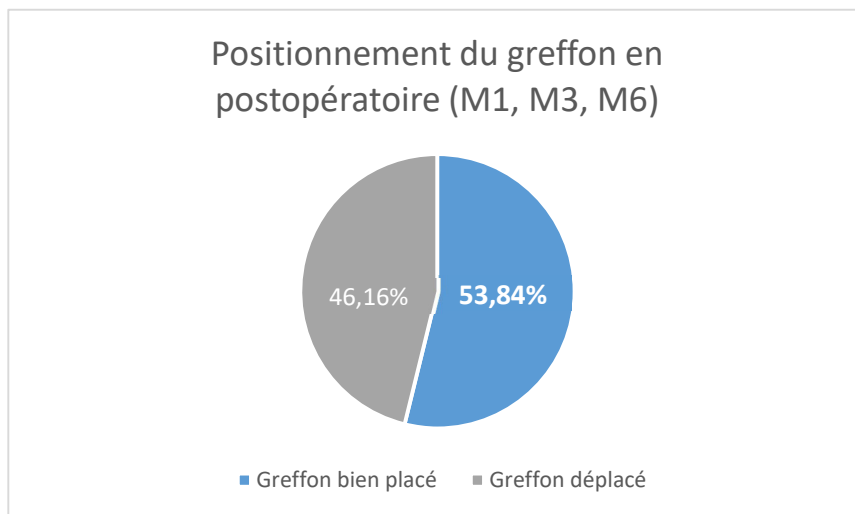


Figure 31 : Graphique indiquant la position du greffon en postopératoire

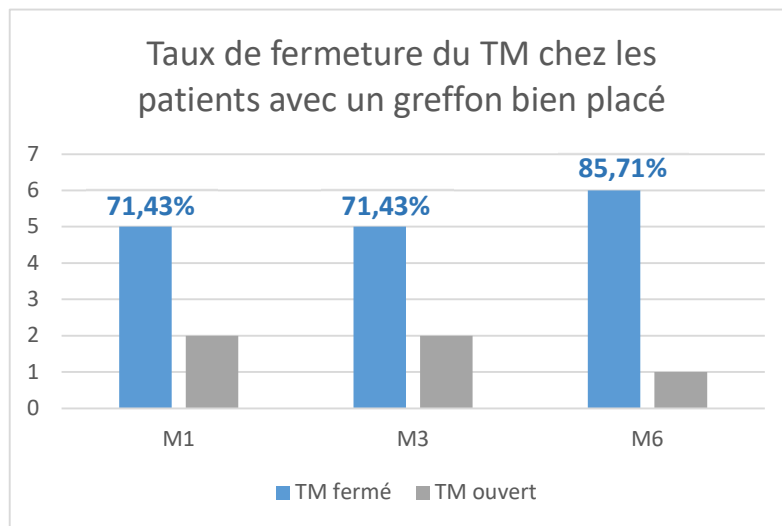


Figure 32 : Graphique indiquant le taux de fermeture du TM chez les patients avec un greffon bien placé

Les images ci-dessous représentaient respectivement l'OCT maculaire d'un TM avant GMA, l'OCT maculaire du même œil en postopératoire et la rétinophotographie du fond d'œil en postopératoire.

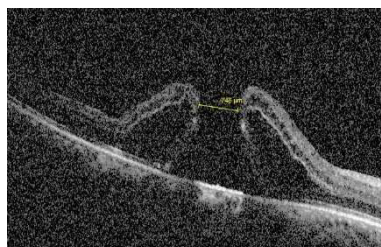


Figure 33 : OCT maculaire d'un TM avant GMA (65)

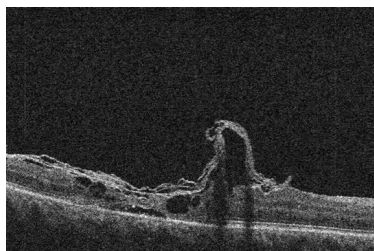


Figure 34 : OCT maculaire postopératoire (65)



Figure 35 : Photographie du fond d'œil postopératoire (65)

Le but de notre étude était d'évaluer l'efficacité de la greffe de membrane amniotique en tant que chirurgie de seconde intention pour traiter le trou maculaire. Nous avons alors comparé la MAVC préopératoire avec la MAVC à M3 et M6, tout en comparant les acuités à M3 et à M6 entre elles. Nous avons considéré 3 groupes : le groupe MAVC préop, le groupe MAVC M3 et le groupe MAVC M6. Le test n'a pas montré de différence significative entre les groupes (le test statistique est détaillé en annexe 2). Sur nos 11 patients, la greffe de membrane amniotique n'a pas permis une augmentation de la MAVC de manière significative.

## IV. Discussion

### IV. A. Explication des résultats

La myopie forte (longueur axiale >26mm) est l'une des causes favorisant l'apparition de trou maculaire. Cela paraît cohérent avec notre échantillon. En effet, 58% de nos patients ont une longueur axiale supérieure à 26mm.

La greffe de membrane amniotique est une chirurgie programmée pour les patients ayant un trou maculaire de pleine épaisseur, avec une ouverture supérieure à 400µm. Dans notre étude, la taille des trous maculaires est en moyenne de 778,25µm (de 450 à 1400µm).

La greffe de membrane amniotique est une chirurgie de seconde intention, les patients inclus dans l'étude ont déjà eu une vitrectomie. Ceci est donc en accord avec le nombre moyen de vitrectomie(s) avant la greffe, qui est de 1,21.

Nous n'avons pas trouvé de différence significative entre les MAVC préopératoires et les MAVC postopératoires (M3 et M6). Cela peut s'expliquer par le fait que les trous maculaires étudiés étaient de grande taille et étaient anciens, facteurs de mauvais pronostic fonctionnel en raison de l'atrophie des photorécepteurs. De plus, nous n'avons pas assez de recul, il aurait fallu évaluer l'acuité visuelle finale un an après la greffe pour laisser le temps à la rétine de se cicatriser. La greffe de membrane amniotique permet surtout d'empêcher que l'acuité visuelle ne baisse par élargissement du trou maculaire.

Le taux de fermeture du trou maculaire avec greffon bien placé est de 71,43% à M1 et M3. A M6, le taux de fermeture du trou maculaire avec greffon bien placé est de 85,71%.

D'après l'étude de *Caporossi et Al* réalisée en 2020 sur 36 yeux, le taux de fermeture du trou après 3 mois est de 97,22%. (47) Leur taux de fermeture est meilleur car la membrane est placée en sous-rétinien, directement au contact de l'épithélium pigmentaire de la rétine. Cela diminue le risque de déplacement de la membrane. Or, cette technique est plus complexe et peut entraîner des lésions au niveau de l'épithélium pigmentaire. C'est pour cela qu'elle n'est pas réalisée en France. Nous rappelons que la membrane est placée en épirétinien en France.

D'après l'étude de *Garcin et Al*, réalisée en France en 2022 sur 10 yeux, dont la membrane amniotique est placée en épirétinien comme dans notre étude, le taux de fermeture du trou après 1 an est de 80%. (63). Cela est cohérent avec notre étude car nous trouvons un taux de fermeture de 85,71% après 6 mois.

#### IV. B. Petit échantillon de patients

La greffe de membrane amniotique étant une technique chirurgicale récente (2019), peu de patients ont pu être inclus dans notre étude. De plus, nous nous sommes limités à la base de données de SOFTALMO® de l'Hôpital de la Croix-Rousse. 3 patients inclus au début de l'étude ont dû être exclus lors de la comparaison des différentes MAVC par manque de données. Les résultats trouvés ont donc subi un biais de sélection. Ce biais est visible par exemple dans la proportion homme/femme de notre étude, qui est de 50%, alors que le trou maculaire touche principalement les femmes. En outre, un patient ayant subi 2 GMA a été considéré comme 2 yeux différents car notre étude se basait avant tout sur l'efficacité de la GMA, donc une greffe de plus était une donnée de plus.

#### IV. C. Pathologies ophtalmologiques associées

Malgré le recueil des antécédents ophtalmologiques des patients, des pathologies oculaires associées au trou maculaire pendant le suivi n'ont pas été prises en compte, menant alors à un biais de variable omise. En effet, un patient a été opéré de la cataracte après sa greffe, il est alors possible que les MAVC trouvées aient été influencées et augmentées par cette opération. De plus, un autre patient présentait une amblyopie de l'œil atteint du trou maculaire. L'amblyopie non traitée dans l'enfance ayant induit un mauvais développement de l'œil, son acuité visuelle ne pouvait pas augmenter malgré la chirurgie oculaire. Néanmoins, tous ces patients ont été inclus dans notre étude car il était possible d'évaluer la fermeture du trou maculaire, ainsi que le bon positionnement du greffon, 2 autres facteurs analysés dans notre étude.

## Conclusion

Entraînant des signes fonctionnels importants, voire parfois handicapants pour le patient, la prise en charge du trou maculaire est un enjeu majeur. Dès son diagnostic, il est nécessaire de programmer et de réaliser la chirurgie de référence : la vitrectomie avec pelage et tamponnement. Or, les trous maculaires de grande taille nécessitent souvent plusieurs vitrectomies, et malgré elles, le trou peut rester ouvert.

L'objectif de notre mémoire était de déterminer l'apport de la greffe de membrane amniotique combinée à la vitrectomie classique pour combler le trou maculaire de grande taille.

Notre hypothèse de départ soutenait que la greffe de membrane amniotique permettait une augmentation de l'acuité visuelle des patients opérés. Or, nous n'avons pas trouvé de différence significative entre l'acuité visuelle avant l'opération et l'acuité visuelle 3 mois et 6 mois après. Cependant, cela ne veut pas dire que la différence est inexistante mais seulement qu'elle n'est pas statistiquement significative. Il serait alors intéressant d'étudier un échantillon plus grand de patients, sur une durée plus longue, pour supprimer le biais de sélection.

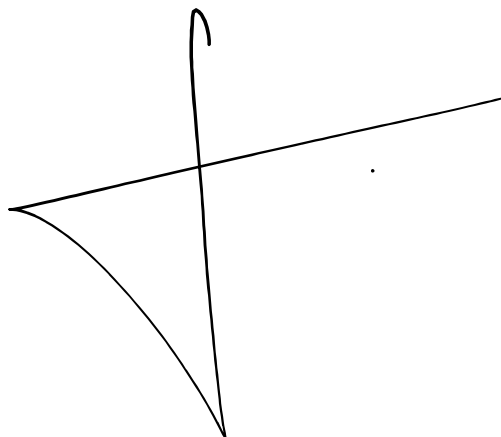
Nous pensons que le ressenti du patient est un facteur majeur de réussite. En effet, la chirurgie est avant tout réalisée pour réduire la gêne ressentie par le patient. Ce ressenti est plus important que des chiffres d'une échelle d'acuité visuelle. Il serait alors pertinent de réaliser une étude sur l'apport qualitatif de la greffe de membrane amniotique.

Nous remarquons que la greffe a permis la fermeture de 61,53% des trous dont la fermeture avait précédemment échoué avec la vitrectomie classique. Elle a permis la fermeture de 85,71% des trous lorsque le greffon était bien placé. La greffe de membrane amniotique se révèle alors efficace pour le traitement du trou maculaire. Cependant, le principal défaut de cette greffe reste le déplacement de la membrane après sa pose.

Nous souhaitons réaliser ce mémoire car le sujet nous paraissait surprenant : utiliser une membrane placentaire pour traiter une pathologie rétinienne qui est le trou maculaire. Cette technique chirurgicale nous démontre à quel point le corps humain est extraordinaire. D'autres études seront sûrement réalisées dans le futur et nous ne doutons pas que de nouvelles méthodes chirurgicales inattendues émergeront.

Signature du maitre de mémoire

Dr Yasmine SERRAR

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized, elongated loop followed by a series of connected strokes that form a unique, cursive-like shape.

# Bibliographie

1. Li JQ, Welchowski T, Schmid M, Mauschwitz MM, Holz FG, Finger RP. Prevalence and incidence of age-related macular degeneration in Europe: a systematic review and meta-analysis. *Br J Ophthalmol*. août 2020;104(8):1077-84.
2. Chehaibou I, Couturier A. Trous maculaires de plus de 500 microns : résultats actuels et techniques d'avenir. 2021;
3. Behar-Cohen F, Kowalczyk L, Keller N, Savoldelli M, Azan F, Jeanny JC. Anatomie de la rétine. *Wwwem-Premiumcomdatatraitessop21-70132* [Internet]. 15 juill 2023 ; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.docelec.univ-lyon1.fr/article/1601322/resultatrecherche/2>
4. Robert P, Robert PY, Rocher M. Anatomie et physiologie de l'œil. *Actual Pharm*. 1 nov 2022;61(620):16-20.
5. Dr Jean-Marc Ancel [Internet]. Anatomie de l'oeil - Dr Jean-Marc Ancel | Ophtalmo spécialiste en chirurgie. Disponible sur: <https://docteurancel.com/troubles-vision/anatomie-oeil/>
6. Nag TC. Pathogenic mechanisms contributing to the vulnerability of aging human photoreceptor cells. *Eye Lond Engl*. nov 2021;35(11):2917-29.
7. T D. Imagerie de la couche des fibres de Henle [Internet]. *Réalités Ophtalmologiques*. 2022. Disponible sur: <https://www.realites-ophtalmologiques.com/2022/12/15/imagerie-de-la-couche-des-fibres-de-henle/>
8. Yang XL, Wu SM. Feedforward lateral inhibition in retinal bipolar cells: input-output relation of the horizontal cell-depolarizing bipolar cell synapse. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 15 avr 1991;88(8):3310-3.
9. Stahl W. Macular carotenoids: lutein and zeaxanthin. *Dev Ophthalmol*. 2005;38:70-88.
10. Rapport SFO 2018 - Rétine et vitré [Internet]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/em/SFO/H2018/B9782294756399000012.html>
11. Fincham GS, James S, Spickett C, Hollingshead M, Thrassivoulou C, Poulson AV, et al. Posterior Vitreous Detachment and the Posterior Hyaloid Membrane. *Ophthalmology*. 1 févr 2018;125(2):227-36.
12. Steel DHW, Lotery AJ. Idiopathic vitreomacular traction and macular hole: a comprehensive review of pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Eye*. oct 2013;27(1):S1-21.
13. Pallikaris I. Emmetropia – The perfect imperfection. *Indian J Ophthalmol*. déc 2020;68(12):2656.
14. Troubles visuels - Myopie, Hypermétropie, Astigmatisme, et Presbytie - Dijon - Centre Ophtalmologique Dijon Toison d'or - docteurs DOSSARPS et KAUFFMANN, chirurgiens ophtalmologues Dijon [Internet]. Disponible sur: <https://www.ophtalmo-dijon-toison.fr/les-pathologies/troubles-visuels.1>
15. Flitcroft DI, He M, Jonas JB, Jong M, Naidoo K, Ohno-Matsui K, et al. IMI – Defining and Classifying Myopia: A Proposed Set of Standards for Clinical and Epidemiologic Studies. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 28 févr 2019;60(3):M20-30.
16. Du R, Xie S, Igarashi-Yokoi T, Watanabe T, Uramoto K, Takahashi H, et al. Continued Increase of Axial Length and Its Risk Factors in Adults With High Myopia. *JAMA Ophthalmol*. 1 oct 2021;139(10):1096-103.
17. Chevrier S. Dicoptic, le dictionnaire de l'optique - Emmétrope [Internet]. Dicoptic, le dictionnaire de l'optique. 2021. Disponible sur: <https://dicoptic.fr/emmetrope/>
18. Ho AC, Guyer DR, Fine SL. Macular hole. *Surv Ophthalmol*. 1998;42(5):393-416.



19. Masson E. EM-Consulte. Trou maculaire dégénératif et menace de trou. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1122159/trou-maculaire-degeneratif-et-menace-de-trou>
20. Majumdar S, Tripathy K. Macular Hole. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559200/>
21. Daoudi C, Laghmari M. Trou maculaire post traumatique chez un enfant de six ans: documentation par OCT. Pan Afr Med J. 26 mai 2014;18:90.
22. Kokame GT, Johnson MW, Lim J, Flynn HW, de Carlo T, Yannuzzi N, et al. Closure of Full-Thickness Macular Holes Associated with Macular Edema with Medical Therapy. Ophthalmologica. 28 juin 2021;245(2):179-86.
23. Hwang S, Kang SW, Kim SJ, Choi J, Son KY, Lim DH, et al. Risk factors for the development of idiopathic macular hole: a nationwide population-based cohort study. Sci Rep. 16 déc 2022;12(1):21778.
24. Lindtjörn B, Krohn J, Forsaa VA. Optical coherence tomography features and risk of macular hole formation in the fellow eye. BMC Ophthalmol. 29 sept 2021;21(1):351.
25. Chan A, Duker JS, Schuman JS, Fujimoto JG. Stage 0 macular holes: Observations by optical coherence tomography. Ophthalmology. 1 nov 2004;111(11):2027-32.
26. Duker JS, Kaiser PK, Binder S, Smet MD de, Gaudric A, Reichel E, et al. The International Vitreomacular Traction Study Group Classification of Vitreomacular Adhesion, Traction, and Macular Hole. Ophthalmology. 1 déc 2013;120(12):2611-9.
27. Trou maculaire en OCT [Internet]. Disponible sur: <https://www.oct-optovue.com/oct-retina/oct-trou/oct-trou.html>
28. Burke W. Psychophysical observations concerned with a foveal lesion (macular hole). Vision Res. 1 juin 1999;39(14):2421-7.
29. Midena E, Vujosevic S. Metamorphopsia: An Overlooked Visual Symptom. Ophthalmic Res. 11 nov 2015;55(1):26-36.
30. Aumann S, Donner S, Fischer J, Müller F. Optical Coherence Tomography (OCT): Principle and Technical Realization. In: Bille JF, éditeur. High Resolution Imaging in Microscopy and Ophthalmology: New Frontiers in Biomedical Optics [Internet]. Cham (CH): Springer; 2019. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554044/>
31. Pison A. Trou lamellaire ou pseudo-trou : comment s'y retrouver ? [Internet]. Réalités Ophtalmologiques. 2016. Disponible sur: <https://www.realites-ophtalmologiques.com/2016/09/08/trou-lamellaire-ou-pseudo-trou-comment-sy-retrouver/>
32. cahiers-ophtalmologie [Internet]. 2015. Comment différencier un pseudo-trou d'un trou lamellaire ? Disponible sur: <https://www.cahiers-ophtalmologie.fr/comment-differencier-un-pseudo-trou-dun-trou-lamellaire>
33. Pathologies Oculaires | Centre Ophtalmologique Rabelais [Internet]. Disponible sur: <https://centrerabelaislyon.fr/pathologies-retiniennes/>
34. Torres Soriano M, García-Aguirre G, Gordon M, Kon-Graversen V. Diagnostic Atlas of Retinal Diseases Volume 1. 2018.
35. Kaur K, Gurnani B. Slit-Lamp Biomicroscope. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK587440/>
36. Zhang, Hengdi, Y. Li, G. Chen, F. Han, et W. Jiang. « Human Amniotic Membrane Graft for Refractory Macular Hole: A Single-Arm Meta-Analysis and Systematic Review ». *Journal Français D'ophtalmologie* 46, n° 3 (mars 2023): 276-86.

37. L HWYG Hoffart. Indications et utilisation de la greffe de membrane amniotique pour la surface oculaire [Internet]. Réalités Ophtalmologiques. 2022. Disponible sur: <https://www.realites-ophtalmologiques.com/2022/03/11/indications-et-utilisation-de-la-greffe-de-membrane-amniotique-pour-la-surface-oculaire/>
38. Jirsova K, Jones GLA. Amniotic membrane in ophthalmology: properties, preparation, storage and indications for grafting—a review. *Cell Tissue Bank*. 1 juin 2017;18(2):193-204.
39. Rapport SFO 2015 - Surface oculaire [Internet]. Disponible sur: [https://www.em-consulte.com/em/SFO/2015/html/file\\_100031.html](https://www.em-consulte.com/em/SFO/2015/html/file_100031.html)
40. Chorion : muqueuse, définition, rôle, schéma [Internet]. 2022. Disponible sur: <https://sante.journaldesfemmes.fr/fiches-anatomie-et-examens/2813955-chorion-des-muqueuses-definition-role-schema/>
41. McDaniel, Jennifer S, Jennifer L Wehmeyer, Lauren E Cornell, Anthony J Johnson, et David O Zamora. « Amniotic Membrane Allografts Maintain Key Biological Properties Post SCCO2 and Lyophilization Processing ». *Journal of Biomaterials Applications* 35, n° 6 (1 janvier 2021): 592-601.
42. HAS. « Visio Amtrix » [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2022-06/visio\\_amtrix\\_6816.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2022-06/visio_amtrix_6816.pdf)
43. Elliott, David B. « The Good (logMAR), the Bad (Snellen) and the Ugly (BCVA, Number of Letters Read) of Visual Acuity Measurement ». *Ophthalmic and Physiological Optics* 36, n° 4 (2016): 355-58.
44. Harris, W. F. « Subjective Refraction: The Mechanism Underlying the Routine ». *Ophthalmic and Physiological Optics* 27, n° 6 (2007): 594-602.
45. Sahin, Afsun, et Pedram Hamrah. « Clinically Relevant Biometry ». *Current Opinion in Ophthalmology* 23, n° 1 (janvier 2012): 47.
46. Suda, Kenji, Masanori Hangai, et Nagahisa Yoshimura. « Axial Length and Outcomes of Macular Hole Surgery Assessed by Spectral-Domain Optical Coherence Tomography ». *American Journal of Ophthalmology* 151, n° 1 (janvier 2011): 118-127.e1.
47. Caporossi, Tomaso, Bianca Pacini, Daniela Bacherini, Francesco Barca, Francesco Faraldi, et Stanislao Rizzo. « Human amniotic membrane plug to promote failed macular hole closure ». *Scientific Reports* 10 (26 octobre 2020): 18264.
48. Ribeiro, Jefferson A. S., Daniel S. Ribeiro, Ingrid U. Scott, João Abrão, et Rodrigo Jorge. « Pain during Pars Plana Vitrectomy Following Sub-Tenon versus Peribulbar Anesthesia: A Randomized Trial ». *PloS One* 15, n° 8 (2020): e0236624.
49. « Vitrectomie - Opération moderne de la rétine - QualiDoc », 6 février 2022. <https://www.qualidoc.fr/specialites/ophtalmologie/rete/techniques/vitrectomie/>.
50. Marguerite, Damien. « DISPOSITIFS MEDICAUX DE LA RETINE », 2023.
51. « Opening and Vitrectomy Basics | 3.1 | Vitreoretinal Surgery ». <https://www.vrsurgeryonline.com/03-vitreoretinal-surgery-fundamentals/01-opening-vitrectomy-basics/>.
52. Srivastava, Mayank, Vinod Kumar Singh, Ankita Singh, et Basant Kuma Singh. « A Study of Post-Operative Clinico-Imaging Status and Visual Outcome after Idiopathic Macular Hole Surgery with Amniotic Membrane Plug ». *Romanian Journal of Ophthalmology* 66, n° 3 (2022): 271-76.
53. *Macular Hole surgery using Human Amniotic Membrane*, 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=5MSVR0jN6sY>.

54. Takahashi, Hiroyuki, Makoto Inoue, Takashi Koto, Yuji Itoh, Kazunari Hirota, et Akito Hirakata. « INVERTED INTERNAL LIMITING MEMBRANE FLAP TECHNIQUE FOR TREATMENT OF MACULAR HOLE RETINAL DETACHMENT IN HIGHLY MYOPIC EYES ». *Retina* 38, n° 12 (décembre 2018): 2317-26.
55. *Amniotic membrane for macular hole / membrane amniotique pour trou maculaire*, 2020.  
<https://www.youtube.com/watch?v=OTVcRLsvL1g>.
56. Yadav, Naresh Kumar, Ramesh Venkatesh, Sherina Thomas, Arpitha Pereira, et K. Bhujang Shetty. « Novel Method of Plugging the Hole: Anatomical and Functional Outcomes of Human Amniotic Membrane-Assisted Macular Hole Surgery ». *Journal of Current Ophthalmology* 32, n° 4 (12 décembre 2020): 361-67.
57. Markatia, Zahra, Julia Hudson, Ella H. Leung, Ahmar Sajjad, et Allister Gibbons. « The Postvitrectomy Cataract ». *International Ophthalmology Clinics* 62, n° 3 (Summer 2022): 79.
58. Pillai, Gopal S., Rebecca Varkey, U. G. Unnikrishnan, et Natasha Radhakrishnan. « Incidence and Risk Factors for Intraocular Pressure Rise after Transconjunctival Vitrectomy ». *Indian Journal of Ophthalmology* 68, n° 5 (mai 2020): 812.
59. Sheu, Shwu-Jiuan. « Endophthalmitis ». *Korean Journal of Ophthalmology* 31, n° 4 (28 juin 2017): 283-89.
60. Bilgin, Ahmet Burak, Mehmet Erkan Dogan, Yusuf Ayaz, et Kadri Cemil Apaydin. « Comparison of Efficacy and Safety of Loteprednol Etabonate 0.5% and Topical Dexamethasone 1% in Post-Vitrectomy Inflammation ». *Ocular Immunology and Inflammation* 27, n° 2 (2019): 312-18.
61. Lange, C. a. K., L. Membrey, N. Ahmad, L. Wickham, R. E. Maclaren, L. Solebo, W. Xing, et al. « Pilot Randomised Controlled Trial of Face-down Positioning Following Macular Hole Surgery ». *Eye (London, England)* 26, n° 2 (février 2012): 272-77.
62. Docteur Albinet. « Contrainte du gaz intra oculaire ? ». <https://www.docteur-albinet.fr/fr/questions-frequentes/id-6-contrainte-du-gaz-intra-oculaire>.
63. Garcin, Thibaud, Philippe Gain, et Gilles Thuret. « Epiretinal Large Disc of Blue-Stained Lyophilized Amniotic Membrane to Treat Complex Macular Holes: A 1-Year Follow-Up ». *Acta Ophthalmologica* 100, n° 2 (2022): e598-608.  
<https://doi.org/10.1111/aos.14909>.
64. tableau-2-correspondance-acuité.pdf [Internet]. Disponible sur: <https://www.snof.org/sites/default/files/tableau-2-correspondance-acuit%C3%A9.pdf>
65. Professeur Kodjikian et Docteur Serrar : images GMA

# Annexes

## Annexe 1 : Tableau de recueil des données

| Patients           | 1                          | 2                          | 3                     | 4                                           | 5                            | 6                            | 7            |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|
| Age lors de la GMA | 81                         | 36                         | 60                    | 54                                          | 74                           | 74                           | 74           |
| Sexe               | H                          | H                          | F                     | H                                           | F                            | F                            | H            |
| Œil                | OD                         | OG                         | OD                    | OD                                          | OG                           | OD                           | OD           |
| LA                 | NA                         | NA                         | 30,86                 | 27,39                                       | 29,64                        | 22,04                        | 23,27        |
| ATCD oph           | 2022 : PKE+V25G+pel+SF6    | V25G+pel+endolaser         | Myopie fort           | 2018 : V25G+endolaser+silicone (DR mac off) | 2015 : PKE ODG               | Amblyopie OD                 |              |
| AV préop           | CLD 2,5m P28               | Fossette colobomateuse     | Myopie fort           | V23G+ablationHD5+pel+gaz                    | Père myopie fort             | V25G+pel+flap+SF6            |              |
| OCT préop          | TM                         | TM, OIR                    | VBLM 4m               | V23G+PFCL+cryo+silicone                     | V25G+PFCL+endolaser+C2F6     | 1/10f P22                    |              |
| FO préop           | cicatrice atrophique       | TM                         | DR, TM 800µm          | TM 1000µm                                   | TM 569µm                     | TM 740µm, OIR                | TM 667µm     |
| GMA                | V25G+pel+GMA NonSPG+EFA+   | V25G+pel+GMA+endolaser+SF6 | V25G+pel+EFA+SF6      | Huile de silicone 100%                      | TM mal visible, choroidose m | TM                           | TM           |
| AV J7              | VBLM 3m                    | NA                         | NA                    | V23G+ablationHD5+pel+SF6                    | V25G+SF6                     | V25G+EFA+C2F6                | V25G+pel+SF6 |
| OCT J7             | NA                         | NA                         | NA                    | NA                                          | NA                           | VBLM 1m                      | NA           |
| FO J7              | Gaz 55%, TM encore visible | GMA en place               | Gaz 70%, GMA en place | GMA en place                                | Gaz 60%, GMA non visible     | Cataracte primitive centrale | Gaz 60%      |
| AV M1              | 0,5/10 P28                 | 3/10 P12f                  | 0,5/10 P28            | NA                                          | 2/10 P16f                    | 0,5/10 P28                   | CLD          |
| OCT M1             | TM 797µm                   | GMA visible, TM fermé      | TM comblé             | TM fermé partiel 689µm                      | TM fermé                     | TM en voie de fermeture      | TM 669µm     |
| FO M1              | TM ouvert                  | GMA en place               | GMA en place          | GMA en place                                | GMA en place                 | GMA en place                 | GMA déplacée |
| AV M3              | 0,5/10 P28                 | 3/10 P12                   | 0,5/10                | VBLM 3m                                     | 2/10f P8                     | 0,5/10 P28                   | 0,6/10       |
| OCT M3             | TM                         | TM fermé                   | TM comblé             | TM comblé partiel                           | TM fermé                     | TM en voie de fermeture      | TM           |
| FO M3              | GMA déplacée               | GMA en place               | GMA en place          | GMA en place                                | GMA en place                 | TM en voie de fermeture      | TM           |
| AV M6              | CLD 1,5m <P28              | 4/10 P14                   | 0,5/10                | CLD 3m                                      | 1,6/10 P8                    | 2/10 P8                      | 0,6/10       |
| OCT M6             | TM                         | TM fermé                   | TM comblé             | TM non fermé                                | TM fermé                     | TM fermé, GMA en place       | TM           |
| FO M6              | TM                         | GMA en place               | GMA en place          | GMA en place                                | GMA en place                 | GMA en place                 | GMA déplacée |
| Etat de la GMA     | Déplacée                   | GMA bien placée            | GMA bien placée       | GMA bien placée                             | GMA bien placée              | GMA bien placée              | Déplacée     |

|                          | 8                                | 9                                    | 10                          | 11                              | 12                    | 13                    | 14                            |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
|                          | 47                               | 48                                   | 72                          | 44                              | 68                    | 70                    | 57                            |
| H                        | H                                | F                                    | F                           | F                               | H                     | F                     |                               |
| OD                       | OD                               | OG                                   | OG                          | OG                              | OD                    | OG                    |                               |
|                          | 27,9                             | 27,9                                 | 22,27                       | 31,01                           | 21,97                 | 23,06                 | 34,43                         |
| Myopie forte             | Myopie forte                     | TM opéré ODG                         | Myopie forte                |                                 |                       | Myopie forte          |                               |
| Amblyopie congénitale OG | Amblyopie congénitale OG         | Cornea guttata ODG                   | Laser rétiné pour DR ODG    |                                 |                       | V25G                  |                               |
| V25G+pel+gaz             | V25G+pel+gaz                     | PKE ODG                              | V25G+pelMER                 | V25G+pelMER/MLI+endolaser+C2F6  | V25G+flap+SF6         | V25G+pel+SF6          | PKE ODG, aphake               |
| 1/10f                    | 0,5/10                           | YAG ODG                              | 2/10 P14                    | 2/10 P10                        | 3/10 P5               | YAG ODG               | 2/10 P8                       |
| TM                       | TM 1400µm, OIR                   | TM stable                            | TM de pleine épaisseur      | TM 600µm, OIR                   | TM 450µm, OIR         | TM, OIR               | Choroidose myopique           |
| TM                       | TM 1400µm                        | TM ancien                            | TM de pleine épaisseur      | TM large                        | TM                    |                       | V25G+PFCL+EFA+SF6             |
| V25G+pel+EFA+C2F6        | PKE+V25G+SF6                     | V25G+pel+EFA+SF6                     | V25G+pel+SF6                | V25G+pel+SF6                    | V25G+SF6              | TM fermé, petit DSR   | NA                            |
| NA                       | NA                               | VBLM 30cm                            | VBLM                        | 3/10f                           | 4/10 P5               | TM fermé, petit DSR   | NA                            |
| Gaz 80%                  | Gaz 80%                          | NA                                   | NA                          | NA                              | 6/10 P3               | TM fermé, plus de DSR | TM 407µm, pas d'OIR           |
| 0,5/10 P20               | 1/10 P8                          | Gaz 70%                              | 1,6/10                      | Gaz 30%, pas de TM, pas de MER  | 6/10 P3               | TM fermé              | GMA déplacée                  |
| TM 1400µm, OIR           | TM stable, GMA en double rouleau | Beaucoup de tissu rétinien sous la M | TM fermé, schisis maculaire | Pas de TM, pas de MER           | TM fermé, plus de DSR | TM 407µm, pas d'OIR   | 2,5/10 P8f                    |
|                          | TM stable                        | Pas d'hémorragie                     | GMA déplacée                | GMA bien placée                 | TM fermé              | TM stable             | 2/10 P8                       |
|                          | 2/10 P8                          | 0,6/10                               | 1,6/10 P10                  | 4/10f                           | 5/10 P3               | TM stable             | 2/10 P8                       |
|                          | TM stable, GMA en double rouleau | TM fermé, GMA se décolle             | TM fermé, OIR               | Pas de TM, pas de MER           | TM fermé, pas d'œdème | TM stable             | 2/10 P8                       |
|                          | TM stable                        | GMA bien placée                      | TM fermé                    | Pas de TM, pas de MER           | TM fermé              | TM stable             | 2/10 P8                       |
|                          |                                  |                                      | 6/10 P4                     | 3/10f                           | 5/10 P3               | TM stable à plat      | Gaz 80%, petit reliquat de MA |
|                          |                                  |                                      | TM fermé, OIR               | TM fermé, pas d'OIR, pas de DSR | TM fermé, pas d'œdème | GMA déplacée          |                               |
|                          |                                  |                                      | GMA déplacée                | GMA bien placée                 | GMA déplacée          |                       |                               |
|                          | Déplacée                         | GMA bien placée                      | Déplacée                    | GMA bien placée                 | Déplacée              | Déplacée              |                               |

## Annexe 2 : Test statistique

### Descriptive Statistics

|                         | Valeurs MAVC           |         |         |
|-------------------------|------------------------|---------|---------|
|                         | MAVC préop             | MAVC M3 | MAVC M6 |
| Valid                   | 11                     | 11      | 11      |
| Missing                 | 0                      | 0       | 0       |
| Mean                    | 0.154                  | 0.185   | 0.236   |
| Std. Deviation          | 0.102                  | 0.162   | 0.191   |
| Shapiro-Wilk            | 0.918                  | 0.886   | 0.890   |
| P-value of Shapiro-Wilk | 0.304                  | 0.122   | 0.138   |
| Minimum                 | 8.700×10 <sup>-4</sup> | 0.015   | 0.043   |
| Maximum                 | 0.300                  | 0.500   | 0.600   |

L'étude statistique a été possible grâce au logiciel JASP®. Nous avons réalisé une étude descriptive sur 3 groupes : MAVC préop, MAVC M3 et MAVC M6.

Les différentes p-values du test de Shapiro-Wilk indiquent que les variables suivent une loi normale (toutes les valeurs sont supérieures à 0,05 donc les variables n'ont pas de différence significative avec la distribution de la loi normale).

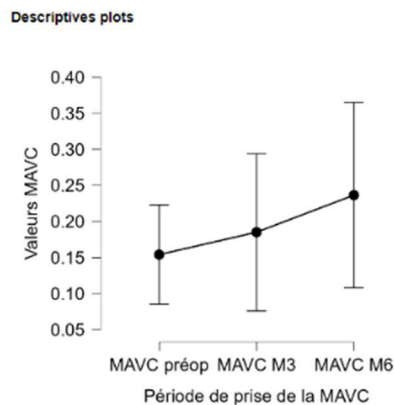
Le but de notre étude était de comparer les MAVC préop, M3 et M6 entre elles. Le test statistique permettant de comparer 2 variables ou plus entre elles est le test Anova.

ANOVA - Valeurs MAVC

| Cases                       | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | p     |
|-----------------------------|----------------|----|-------------|-------|-------|
| Période de prise de la MAVC | 0.038          | 2  | 0.019       | 0.780 | 0.468 |
| Residuals                   | 0.734          | 30 | 0.024       |       |       |

Note. Type III Sum of Squares

La p-value de 0,468 est supérieure à 0,05. Le test statistique indique qu'il n'existe pas de différence significative entre les 3 groupes. Autrement dit, il n'y a pas de différence significative entre les MAVC préopératoires, les MAVC à M3 et les MAVC à M6.



On peut tout de même réaliser le test Post-hoc pour étudier le lien entre les 3 variables, malgré une absence de différence significative entre elles. Il faut d'abord vérifier l'égalité des variances avec le test de Levene.

#### Assumption Checks

Test for Equality of Variances (Levene's)

| F     | df1   | df2    | p     |
|-------|-------|--------|-------|
| 2.063 | 2.000 | 30.000 | 0.145 |

La p-value de 0,145 étant supérieure à 0,05, les variances sont considérées comme homogènes. Il est alors possible d'exécuter le test Post-hoc.

Post Hoc Comparisons - Période de prise de la MAVC

|            |         | Mean Difference | SE    | t      | P <sub>Tukey</sub> |
|------------|---------|-----------------|-------|--------|--------------------|
| MAVC préop | MAVC M3 | -0.031          | 0.067 | -0.466 | 0.888              |
|            | MAVC M6 | -0.082          | 0.067 | -1.236 | 0.442              |
| MAVC M3    | MAVC M6 | -0.051          | 0.067 | -0.771 | 0.724              |

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

Les p-values Ptukey sont les suivantes :

- 0,888 pour la comparaison MAVC préop-MAVC M3
- 0,442 pour la comparaison MAVC préop-MAVC M6
- 0,724 pour la comparaison MAVC M3-M6

Il n'y a pas de différence significative entre les 3 groupes.