

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

FACULTÉ DE MÉDECINE ET
DES SCIENCES BIOMÉDICALES



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace-Work-Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF MEDICINE AND
BIOMEDICAL SCIENCES

DÉPARTEMENT D'OPHTALMOLOGIE / ORL / ODONTOSTOMATOLOGIE
DEPARTMENT OF OPHTHALMOLOGY / ENT / ODONTOSTOMATOLOGY

DIAGNOSTIC DU GLAUCOME PREPERIMETRIQUE EN MILIEU CAMEROUNAIS

Mémoire rédigé en vue de l'obtention du Diplôme d'Études Spécialisées en Ophtalmologie
par :

Dr. NDENGUE ANGOUA Christelle Raïssa

Matricule 19S1119

Directeur :

Pr. KOKI Godefroy

Maître de Conférences Agrégé
d'Ophtalmologie



Co-directeurs :

Dr. MVILONGO Caroline

Maître-Assistant en Ophtalmologie

Dr. NOMO Arlette

Maître-Assistant en Ophtalmologie

Année académique 2022/2023

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

FACULTÉ DE MÉDECINE ET
DES SCIENCES BIOMÉDICALES



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace-Work-Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF MEDICINE AND
BIOMEDICAL SCIENCES

DÉPARTEMENT D'OPHTALMOLOGIE / ORL / ODONTOSTOMATOLOGIE
DEPARTMENT OF OPHTHALMOLOGY / ENT / ODONTOSTOMATOLOGY

DIAGNOSTIC DU GLAUCOME PREPERIMETRIQUE EN MILIEU CAMEROUNAIS

Mémoire rédigé en vue de l'obtention du Diplôme d'Études Spécialisées en Ophtalmologie
par :

Dr. NDENGUE ANGOUA Christelle Raïssa

Matricule 19S1119

Date de soutenance :

Jury de mémoire :

Président du jury

.....

Rapporteur

.....

Membres

.....

.....

Équipe d'encadrement :

Directeur

.....

Co-directeur(s)

.....

.....

Année académique 2022/2023

SOMMAIRE

SOMMAIRE	i
PRELIMINAIRES	iii
DEDICACE.....	iv
REMERCIEMENTS	v
LISTE DU PERSONNEL ADMINISTRATIF ET ACADEMIQUE	viii
RÉSUMÉ.....	xxi
SUMMARY	xxiii
LISTE DES TABLEAUX.....	xxv
LISTE DES FIGURES.....	xxvi
LISTE DES ABRÉVIATIONS	xxix
INTRODUCTION.....	1
I. CADRE DE L'ÉTUDE.....	4
I.1. Question de recherche.....	5
I.2. Hypothèse de recherche	5
I.3. Objectifs de recherche.....	5
II. REVUE DE LA LITTERATURE	6
II.1. Rappels anatomophysiologiques du globe oculaire.....	7
II.2. Glaucome.....	23
II.3. Glaucome préperimétrique	90
II.4. État des connaissances.....	96
III. METHODOLOGIE.....	97
III.1. Caractéristiques de l'étude	98
III.2. Population d'étude.....	100
III.3. Échantillonnage	100
III.4. Variables étudiées	100
III.5. Procédure.....	101
III.6. Outils de recrutement	105
III.7. Analyse statistique.....	105
III.8. Considérations éthiques.....	106
III.9. Dissémination de l'étude	106
III.10. Définition des termes opérationnels	106
IV. RÉSULTATS	107
IV.1. Population d'étude	108

IV.2. Caractéristiques épidémiologiques des patients suspects de glaucome	108
IV.3. Aspects cliniques ophtalmologiques de la population d'étude	110
IV.4. Caractéristiques périmétriques de la population d'étude	111
IV.5. Caractéristiques tomographiques de la population d'étude	111
V. DISCUSSION	113
V.1 Caractéristiques épidémiologiques.....	113
V.2. Aspects cliniques ophtalmologiques des patients présentant un glaucome préperimétrique	115
V.3. Caractéristiques périmétriques et tomographiques de notre population d'étude	115
CONCLUSION	118
RECOMMANDATIONS.....	120
REFERENCES.....	124
ICONOGRAPHIES.....	131
ANNEXES	133

PRELIMINAIRES

DEDICACE

A

mes amours de parents ;

le Dr. ANGOUA BIOUELE Serge Édouard

et

le Professeur Annette NGUEA Épouse ANGOUA

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent :

- **A L'ÉTERNEL**, notre DIEU tout puissant créateur de toutes choses, pour l'inspiration et pour la persévérance, à lui qui nous a permis de surmonter toutes les épreuves rencontrées tout au long de notre formation.
- **Au Professeur KOKI Godefroy**, directeur de ce travail de recherche, vous qui êtes un modèle d'humilité, de pragmatisme, d'abnégation et de rigueur dans le travail. Nous sommes honorée que vous ayez supervisé ce travail et fière d'avoir appris à vos côtés. Veuillez trouver ici, cher Maître, l'expression de notre profonde gratitude.
- **Au Docteur MVILONGO Caroline**, co-directeur du présent travail de recherche. Merci pour votre disponibilité, vos conseils et votre encadrement.
- **Au Docteur NOMO Arlette** co-directeur de ce travail de recherche. Merci pour votre patience, votre rigueur sans cesse, votre travail acharné, vos conseils et vos encouragements afin de donner le meilleur de nous.
- **Au Professeur ZE MINKANDE Jacqueline**, Doyen actuel de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé I pour la formation reçue.
- **Au Professeur BELLA ASSUMPTA Lucienne**, nous voulons vous remercier et vous témoigner notre profonde gratitude pour votre encadrement tout au long de cette formation.
- **Au Professeur EPEE Emilienne**, nous avons beaucoup appris à vos côtés. Merci pour votre rigueur qui nous a nourrie tout au long de notre formation.
- **Au Professeur OMGBWA EBALLE André**, merci pour votre encadrement et pour tous les enseignements reçus tout au long de notre formation.
- **Au Pr. Dr. med. KAGMENI Giles**, vous avez su nous tenir la main dès la première année de notre formation. Recevez ici nos remerciements
- **Au Professeur BILONG Yannick**, votre encadrement, vos conseils, votre disponibilité et votre soutien tout au long de notre formation nous aurons marqué positivement.
- **Au Professeur NOCHE DOMNGANG Christelle** pour votre encadrement, vos conseils et votre accompagnement tout au long de cette formation et depuis ma thèse en Médecine générale.
- **Aux Docteurs NANFACK Chantal, AKONO Evodie** pour vos enseignements aussi bien pendant les cours que les stages hospitaliers.

- **Aux Docteurs BIANGOUP Prisca, EKOUMELONG Anita** pour votre soutien et votre encadrement sans faille, le climat apaisant reçu tout au long de nos stages hospitaliers.
- **Au Docteur MBOGOS Cédric** pour tout son accompagnement et son soutien.
- **Aux membres du jury** qui ont accepté sans réserve d'évaluer ce travail, merci pour vos remarques qui contribueront sans nul doute à l'amélioration de ce travail.
- **A tout le corps enseignant et administratif** de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé I, pour l'encadrement durant notre formation.
- **Aux Directeurs des Hôpitaux Gynéco-Obstétrique et Pédiatrique, Central et Militaire de Région N°1 de Yaoundé** pour nous avoir accordé le privilège de réaliser notre travail dans ces hôpitaux.
- A mon Papa, le **Docteur ANGOUA BIOUELE Serge Édouard**. Toi qui n'a jamais consenti aucun effort pour mon éducation et ma formation, qui a toujours été là pour moi, reçois ma profonde gratitude.
- A ma Maman, le **Professeur Annette NGUEA Épouse ANGOUA**. Merci pour ton amour sans faille, ton soutien inconditionnel et tes encouragements incessants. Reçois ici ma profonde reconnaissance.
- A mon Époux, le **Docteur BILOGUI TCHOUGUI ADJESSA Willy Charly**. Merci d'être à mes côtés, de m'accompagner dans tous mes challenges et défis, pour tout ton soutien et ton amour infini. Reçois mes sincères remerciements.
- A mes Enfants, **NGUEA BILOGUI Anne-Sophie, ADJESSA BILOGUI Franck-Aurélien** et **ANGOUA BILOGUI Claude-Owen**. Merci pour votre présence et votre amour tout au long de cette formation.
- A mes Sœurs, le **Docteur AMBAL ANGOUA Nelly-Sandra** et **Madame MBOUANG ANGOUA Laure-Olivia Épouse TCHOBJIP**. Merci pour tout votre amour, votre soutien, vos encouragements et vos conseils tout au long de cette formation.
- **A mon parrain Monsieur François WAKATA BOLVINE** pour tout son soutien.
- **Aux grandes familles CHARTER-MEDI et CEDAR 02-04** pour tout votre soutien et vos encouragements.
- **Aux Docteurs NGONG MBELLA Emma Louisiane, NKOUDOU Diane, Onana Pulchérie, Haoua Aboubakar** pour votre soutien, vos encouragements et vos conseils.

- A mes cadets, en particulier les **Docteurs ELOUNDOU Ingrid, FOGUE Murielle, EMAH Amanda, Nfor-BUDI Nke SONE et NYATCHOU DJASSI Ariel** pour votre soutien indéfectible.
- **Au Docteur KINGUE MOUDJONGUE SANDJONG Sara Flore** pour son soutien sans faille.
- A mes promotionnaires, les **Docteurs KIMOUN Aïchetou et NDGISCHE NOUBETH Françoise Laure**. Merci chères collègues et amies pour votre soutien.
- A mon partenaire, le **Docteur MAYI MBAM Thierry Emmanuel**. Merci pour ses quatre années de solidarité et d'accompagnement.
- A mon âme sœur, le **Docteur NOMO Carine Épouse NDOM** pour son amour indéfectible et son soutien inconditionnel.
- A Mesdames **KOUOTOU née NGO NSOHOL Marie, NGUEBEYEGUE Alvine Guylène, NGO BAYOY Geneviève Loretta** pour votre soutien et le climat de travail
- **Aux Majors BILANA, CHOO AKUM Elvis et KANMEGNE Célestin**, pour toute leur aide tout au long de cette formation.
- **A Monsieur ATANGANA Joël** pour toute son aide.
- **A tout le personnel du service d'ophtalmologie des Hôpitaux Gynéco-Obstétrique et Pédiatrique, Central et Militaire de Région N°1 de Yaoundé** pour votre disponibilité et votre collaboration.
- **Au Dr. NDI Arnaud** pour sa collaboration dans les analyses statistiques.
- A tous les patients qui ont participé à cette étude.
- A tous les résidents en cycle d'ophtalmologie du Cameroun.

LISTE DU PERSONNEL ADMINISTRATIF ET ACADEMIQUE

1. PERSONNEL ADMINISTRATIF

Doyen : Pr. ZE MINKANDE Jacqueline

Vice- Doyen chargé de la programmation et du suivi des activités académiques : Pr. NTSAMA ESSOMBA Claudine Mireille

Vice-Doyen chargé de la Scolarité, des Statistiques et du Suivi des Étudiants : Pr. MAH Evelyn MUNGYEH

Vice- Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération : Pr. ZEH Odile Fernande

Chef de la Division des Affaires Académiques, de la Scolarité et de la Recherche : Dr. VOUNDI VOUNDI Esther

Chef de la Division des Affaires Administratives et Financières : Mme NYAMBALLA Bernadette Marlène

Coordonnateur Général du Cycle de Spécialisation : Pr. ONGOLO ZOGO Pierre

Chef de Service Financier : M. MOUYEME NJOH Noé Valentin

Chef de Service Financier Adjoint : Mme SOUGA DOBO Marcelle Claire

Chef de Service de l'Administration Générale et du Personnel : Pr. SAMBA Odette NGANO ép. TCHOUAWOU

Chef de Service des Diplômes : Mme ASSAKO Anne DOOBA

Chef de Service de la Scolarité et des Statistiques : M. BOMBAH Freddy Mertens

Chef de Service de la Scolarité et des Statistiques Adjoint : Mme FAGNI MBOUOMBO AMINA épouse ONANA

Chef de Service du Matériel et de la Maintenance : Mme HAWA OUMAROU

Bibliothécaire en Chef par intérim : Mme FROUISSOU née MAME Marie-Claire

Comptable Matières : M. MOUMEMIE NJOUNDIYIMOUN MAZOU

2. COORDONNATEURS DES CYCLES ET RESPONSABLES DES FILIERES

Coordonnateur Filière Médecine Bucco-dentaire : Pr. BENGONDO MESSANGA Charles

Coordonnateur de la Filière Pharmacie : Pr. NTSAMA ESSOMBA Claudine

Coordonnateur Filière Internat : Pr. ONGOLO ZOGO Pierre

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Anatomie Pathologique : Pr. SANDO Zacharie

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Anesthésie Réanimation : Pr. ZE MINKANDE Jacqueline

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Chirurgie Générale : Pr. NGO NONGA Bernadette

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Gynécologie et Obstétrique : Pr. MBU ENOW Robinson

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Médecine Interne: Pr. NGANDEU Madeleine

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Pédiatrie : Pr. MAH Evelyn MUNGYEH

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Biologie Clinique : Pr. KAMGA FOUAMNO Henri Lucien

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Radiologie et Imagerie Médicale : Pr. ONGOLO ZOGO Pierre

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Santé Publique : Pr. TAKOUGANG Innocent

Coordonnateur de la formation continue : Pr. KASIA Jean Marie

Responsable Pédagogique CESSI : Pr. ANKOUANE ANDOULO Firmin

DIRECTEURS HONORAIRES DU CUSS

Pr. MONEKOSSO Gottlieb (1969-1978)

Pr. EBEN MOUSSI Emmanuel (1978-1983)

Pr. NGU LIFANJI Jacob (1983-1985)

Pr. CARTERET Pierre (1985-1993)

DOYENS HONORAIRES DE LA FMSB

Pr. SOSSO Maurice Aurélien (1993-1999)

Pr. NDUMBE Peter (1999-2006)

Pr. TETANYE EKOE Bonaventure (2006-2012)

Pr. EBANA MVOGO Côme (2012-2015)

3. PERSONNEL ENSEIGNANT

N°	NOMS ET PRENOMS	GRADE	DISCIPLINE
DEPARTEMENT DE CHIRURGIE ET SPECIALITES			
01	SOSSO Maurice Aurélien (CD)	P	Chirurgie Générale
02	DJIENTCHEU Vincent de Paul	P	Neurochirurgie
03	ESSOMBA Arthur (CD par Intérim)	P	Chirurgie Générale
04	HANDY EONE Daniel	P	Chirurgie Orthopédique
05	MOUAFO TAMBO Faustin	P	Chirurgie Pédiatrique
06	NGO NONGA Bernadette	P	Chirurgie Générale
07	NGOWE NGOWE Marcellin	P	Chirurgie Générale
08	ZE MINKANDE Jacqueline	P	Anesthésie-Réanimation
09	BAHEBECK Jean	MCA	Chirurgie Orthopédique
10	BANG Guy Aristide	MCA	Chirurgie Générale
11	BENGONO BENGONO Roddy Stéphan	MCA	Anesthésie-Réanimation
12	FARIKOU Ibrahima	MCA	Chirurgie Orthopédique
13	JEMEA Bonaventure	MCA	Anesthésie-Réanimation
14	OWONO ETOUNDI Paul	MCA	Anesthésie-Réanimation
15	BEYIHA Gérard	MC	Anesthésie-Réanimation
16	ESIENE Agnès	MC	Anesthésie-Réanimation
17	EYENGA Victor Claude	MC	Chirurgie/Neurochirurgie
18	GUIFO Marc Leroy	MC	Chirurgie Générale
19	NGO YAMBEN Marie Ange	MA	Chirurgie Orthopédique
20	BELLO FIGUIM	MA	Neurochirurgie
21	BIWOLE BIWOLE Daniel Claude Patrick	MA	Chirurgie Générale
22	MEKEME MEKEME Junior Barthelemy	MA	Urologie andrologie

23	MULUEM Olivier Kennedy	MA	Orthopédie-Traumatologie
24	NWAHA MAKON Axel Stéphane	MA	Urologie andrologie
25	KONA NGONDO François Stéphane	MA	Anesthésie-Réanimation
26	FONKOUÉ Loïc	MA	Chirurgie Orthopédique
27	MBOUCHE Landry Oriole	MA	Urologie
28	SAVOM Éric Patrick	MA	Chirurgie Générale
29	AHANDA ASSIGA	CC	Chirurgie Générale
30	AMENGLÉ Albert Ludovic	CC	Anesthésie-Réanimation
31	BIKONO ATANGANA Ernestine Renée	CC	Neurochirurgie
32	BWELE Georges	CC	Chirurgie Générale
33	IROUME Cristella Raïssa BIFOUNA épouse NTYO'O NKOUMOU	CC	Anesthésie-Réanimation
34	NDIKONTAR KWANJI Raymond	CC	Anesthésie-Réanimation
35	TSIAGADIGI Jean Gustave	CC	Chirurgie Orthopédique
36	EPOUPA NGALLE Frantz Guy	AS	Urologie
37	FOLA KOPONG Olivier	AS	Chirurgie
38	FOUDA Jean Cédric	AS	Urologie
39	MOHAMADOU GUEMSE Emmanuel	AS	Chirurgie Orthopédique
40	NGOUATNA DJEUMAKOU Serge Rawlings	AS	Anesthésie-Réanimation
41	NYANIT BOB Dorcas	AS	Chirurgie Pédiatrique
42	OUMAROU HAMAN NASSOUROU	AS	Neurochirurgie
43	FOSSI KAMGA Gacelle	AS	Chirurgie Pédiatrique
44	MBELE Richard II	AS	Chirurgie Thoracique
45	MFOUAPON EWANE Hervé Blaise	AS	Neurochirurgie
46	NYANKOUE MEBOUINZ Ferdinand	AS	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
DEPARTEMENT DE MEDECINE INTERNE ET SPECIALITES			
47	SINGWE Madeleine épse	P	Médecine Interne/Rhumatologie

	NGANDEU (CD)		
48	AFANE ZE Emmanuel	P	Médecine Interne/Pneumologie
49	ANKOUANE ANDOULO	P	Médecine Interne/Hépto Gastro-entérologie
50	ASHUNTANTANG Gloria Enow	P	Médecine Interne/Néphrologie
51	BISSEK Anne Cécile	P	Médecine Interne/Dermatologie
52	KAZE FOLEFACK François	P	Médecine Interne/Néphrologie
53	KINGUE Samuel	P	Médecine Interne/Cardiologie
54	KOUOTOU Emmanuel Armand	P	Médecine Interne/Dermatologie
55	KUATE TEGUEU Calixte	P	Médecine Interne/Neurologie
56	MBANYA Jean Claude	P	Médecine Interne/Endocrinologie
57	NDJITTOYAP NDAM Elie Claude	P	Médecine Interne/ Hépto Gastro-Entéro.
58	NDOM Paul	P	Médecine Interne/Oncologie
59	NJAMNSHI Alfred K.	P	Médecine Interne/Neurologie
60	NJOYA OUDOU	P	Médecine Interne/Gastro-Entérologie
61	SOBNGWI Eugène	P	Médecine Interne/Endocrinologie
62	PEFURA YONE Éric Walter	P	Médecine Interne/Pneumologie
63	BOOMBHI Jérôme	MCA	Médecine Interne/Cardiologie
64	FOUDA MENYE Hermine Danielle	MCA	Médecine Interne/Néphrologie
65	HAMADOU BA	MCA	Médecine Interne/Cardiologie
66	MENANGA Alain Patrick	MCA	Médecine Interne/Cardiologie
67	NGANOU Chris Nadège	MCA	Médecine Interne/Cardiologie
68	KOWO Mathurin Pierre	MC	Médecine Interne/ Hépto Gastro-Entéro.
69	NTONE ENYIME Félicien	MC	Médecine Interne/Psychiatrie
70	ESSON MAPOKO Berthe Sabine épouse PAAMBOG	MA	Médecine Interne/Oncologie Médicale
71	KUATE née MFEUKEU KWA Liliane Claudine	MA	Médecine Interne/Cardiologie
72	MAÏMOUNA MAHAMAT	MA	Néphrologie
73	MASSONGO MASSONGO	MA	Médecine Interne/Pneumologie
74	MBONDA CHIMI Paul-Cédric	MA	Médecine Interne/Neurologie
75	NDJITTOYAP NDAM Antonin Wilson	MA	Médecine Interne/Gastroentérologie
76	NDOBO épouse KOE Juliette Valérie Danielle	MA	Médecine Interne/Cardiologie

77	NDONGO AMOUGOU Sylvie	MA	Médecine Interne/Cardiologie
78	NGAH KOMO Élisabeth	MA	Médecine Interne/Pneumologie
79	NGARKA Léonard	MA	Médecine Interne/Neurologie
80	NKORO OMBEDE Grâce Anita épouse NKOLO	MA	Médecine Interne/Dermatologue
81	NTSAMA ESSOMBA Marie Josiane épouse EBODE	MA	Médecine Interne/Gériatrie
82	OWONO NGABEDE Amalia Ariane	MA	Médecine Interne/Cardiologie Interventionnelle
83	ATENGUENA OBALEMBA Etienne	CC	Médecine Interne/Cancérologie Médicale
84	DEHAYEM YEFOU Mesmin	CC	Médecine Interne/Endocrinologie
85	ETOA NDZIE épouse ETOGA Martine Claude	CC	Médecine Interne/Endocrinologie
86	KAMGA OLEN Jean Pierre Olivier	CC	Médecine Interne/Psychiatrie
87	MENDANE MEKOBÉ Francine épouse EKOBENA	CC	Médecine Interne/Endocrinologie
88	MINTOM MEDJO Pierre Didier	CC	Médecine Interne/Cardiologie
89	ANABA MELINGUI Victor Yves	AS	Médecine Interne/Rhumatologie
90	EBENE MANON Guillaume	AS	Médecine Interne/Cardiologie
91	ELIMBY NGANDE Lionel Patrick Joël	AS	Médecine Interne/Néphrologie
92	FOJO TALONGONG Baudelaire	AS	Médecine Interne/Rhumatologie
93	KUABAN Alain	AS	Médecine Interne/Pneumologie
94	NZANA Victorine Bandolo épouse FORKWA M.	AS	Médecine Interne/Néphrologie
DEPARTEMENT D'IMAGERIE MEDICALE ET RADIOLOGIE			
95	ZEH Odile Fernande (CD)	P	Radiologie/Imagerie Médicale
96	MOUELLE SONE	P	Radiothérapie
97	NKO'O AMVENE Samuel	P	Radiologie/Imagerie Médicale
98	GUEGANG GOUJOU. E.	P	Imagerie Médicale/Neuroradiologie
99	MOIFO Boniface	P	Radiologie/Imagerie Médicale
100	ONGOLO ZOGO Pierre	MCA	Radiologie/Imagerie Médicale
101	SAMBA Odette NGANO	MC	Biophysique/Physique Médicale
102	MBEDE Maggy épouse ENDEGUE	MA	Radiologie/Imagerie Médicale

	MANGA		
103	MEKA'H MAPENYA Ruth-Rosine	CC	Radiothérapie
104	NWATSOCK Joseph Francis	AS	Radiologie/Imagerie Médicale Médecine Nucléaire
105	SEME ENGOUMOU Ambroise Merci	AS	Radiologie/Imagerie Médicale
DEPARTEMENT DE GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE			
106	NGO UM Esther Juliette épouse MEKA (CD)	MCA	Gynécologie Obstétrique
107	BELLEY PRISO Eugène	P	Gynécologie Obstétrique
108	FOUMANE Pascal	P	Gynécologie Obstétrique
109	KEMFANG NGOWA J.D.	P	Gynécologie Obstétrique
110	MBOUDOU Émile	P	Gynécologie Obstétrique
111	MBU ENOW Robinson	P	Gynécologie Obstétrique
112	NKWABONG Elie	P	Gynécologie Obstétrique
113	TEBEU Pierre Marie	P	Gynécologie Obstétrique
114	BELINGA Etienne	MCA	Gynécologie Obstétrique
115	ESSIBEN Félix	MCA	Gynécologie Obstétrique
116	FOUEDJIO Jeanne H.	MCA	Gynécologie Obstétrique
117	NOA NDOUA Claude Cyrille	MCA	Gynécologie Obstétrique
118	DOHBIT Julius SAMA	MC	Gynécologie Obstétrique
119	MVE KOH Valère Salomon	MC	Gynécologie Obstétrique
120	EBONG Cliford EBONTANE	MA	Gynécologie Obstétrique
121	MBOUA BATOUM Véronique Sophie	MA	Gynécologie Obstétrique
122	MENDOUA Michèle Florence épouse NKODO	MA	Gynécologie Obstétrique
123	METOGO NTSAMA Junie Annick	MA	Gynécologie Obstétrique
124	NSAHLAI Christiane JIVIR FOMU	MA	Gynécologie Obstétrique
125	NYADA Serge Robert	MA	Gynécologie Obstétrique
126	TOMPEEN Isidore	AS	Gynécologie Obstétrique
DEPARTEMENT D'OPHTALMOLOGIE, D'ORL ET DE STOMATOLOGIE			
127	DJOMOU François (CD)	P	ORL
128	BELLA Assumpta Lucienne	P	Ophtalmologie
129	EBANA MVOGO Côme	P	Ophtalmologie

130	ÉPÉE Émilienne épouse ONGUENE	P	Ophtalmologie
131	KAGMENI Gilles	P	Ophtalmologie
132	NDJOLO Alexis	P	ORL
133	NJOCK Richard	P	ORL
134	OMGBWA EBALE André	P	Ophtalmologie
135	BILONG Yannick	MCA	Ophtalmologie
136	DOHVOMA Andin Viola	MCA	Ophtalmologie
137	EBANA MVOGO Stève Robert	MCA	Ophtalmologie
138	KOKI Godefroy	MCA	Ophtalmologie
139	MINDJA EKO David	MC	ORL/Chirurgie Maxillo-Faciale
140	NGABA Olive	MC	ORL
141	AKONO ZOUA épouse ETEME Marie Evodie	MA	Ophtalmologie
142	ANDJOCK NKOOU Yves Christian	MA	ORL
143	ASMAOU BOUBA Dalil	MA	ORL
144	ATANGA Léonel Christophe	MA	ORL-CCF
145	BOLA SIAFA Antoine	MA	ORL
146	MEVA'A BIOUELE Roger Christian	MA	ORL-CCF
147	MOSSUS Yannick	MA	ORL-CCF
148	MVILONGO TSIMI épouse BENGONO Caroline	MA	Ophtalmologie
149	NANFACK NGOUNE Chantal	MA	Ophtalmologie
150	NGO NYEKI Adèle-Rose épouse MOUAHA-BELL	MA	ORL-CCF
151	NOMO Arlette Francine	MA	Ophtalmologie
DEPARTEMENT DE PEDIATRIE			
152	ONGOTSOYI Angèle épouse PONDY (CD)	P	Pédiatrie
153	KOKI NDOMBO Paul	P	Pédiatre
154	ABENA OBAMA Marie Thérèse	P	Pédiatrie
155	CHIABI Andreas	P	Pédiatrie
156	CHELO David	P	Pédiatrie

157	MAH Evelyn	p	Pédiatrie
158	NGUEFACK épouse DONGMO Félicitée	P	Pédiatrie
159	NGUEFACK Séraphin	P	Pédiatrie
160	NGO UM KINJEL Suzanne épouse SAP	MCA	Pédiatrie
161	KALLA Ginette Claude épouse MBOPI KEOU	MC	Pédiatrie
162	MBASSI AWA	MC	Pédiatrie
163	EPEE épouse NGOUE Jeannette	MA	Pédiatrie
164	KAGO TAGUE Daniel Armand	MA	Pédiatrie
165	MEKONE NKWELE Isabelle	MA	Pédiatre
166	MEGUIEZE Claude-Audrey	MA	Pédiatrie
167	TONY NENGOM Jocelyn	MA	Pédiatrie
168	NOUBI N. épouse KAMGAING M.	CC	Pédiatrie
DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE, PARASITOLOGIE, HEMATOLOGIE ET MALADIES INFECTIEUSES			
169	MBOPI KEOU François-Xavier (CD)	P	Bactériologie/ Virologie
170	ADIOGO Dieudonné	P	Microbiologie/Virologie
171	GONSU née KAMGA Hortense	P	Bactériologie
172	LUMA Henry	P	Bactériologie/ Virologie
173	MBANYA Dora	P	Hématologie
174	OKOMO ASSOUMOU Marie Claire	P	Bactériologie/ Virologie
175	TAYOU TAGNY Claude	P	Microbiologie/Hématologie
176	LYONGA Emilia ENJEMA	MC	Microbiologie Médicale
177	TOUKAM Michel	MC	Microbiologie
178	CHETCHA CHEMEGNI Bernard	MA	Microbiologie/Hématologie
179	NGANDO Laure épouse MOUDOUTE	MA	Parasitologie
180	NGOGANG Marie Paule	MA	Biologie Clinique
181	BOUM II YAP	CC	Microbiologie
182	KINGE Thomson NJIE	CC	Maladies Infectieuses
183	NDOUMBA NKENGUE Annick	CC	Hématologie

	épouse MINTYA		
184	VOUNDI VOUNDI Esther	CC	Virologie
185	ANGANDJI TIPANE Prisca épouse ELLA	AS	Biologie Clinique/Hématologie
186	BEYELA Frédérique	AS	Maladies Infectieuses
187	ESSOMBA René Ghislain	AS	Immunologie et Maladies Infectieuses
188	MEDI SIKE Christiane Ingrid	AS	Biologie Clinique
DEPARTEMENT DE SANTE PUBLIQUE			
189	KAMGNO Joseph (CD)	P	Santé Publique /Épidémiologie
190	ESSI Marie Josée	P	Santé Publique/Anthropologie Médicale
191	NGUEFACK TSAGUE	P	Santé Publique /Biostatistique
192	TAKOUGANG Innocent	P	Santé Publique
193	BEDIANG Georges Wylfred	MCA	Informatique Médicale/Santé Publique
194	TANYA née NGUTI K. A.	MC	Nutrition
195	BILLONG Serges Clotaire	CC	Santé Publique
196	EYEBE EYEBE Serge Bertrand	CC	Santé Publique/Épidémiologie
197	KEMBE ASSAH Félix	CC	Épidémiologie
198	KWEDI JIPPE Anne Sylvie	CC	Épidémiologie
199	MOSSUS Tatiana née ETOUNOU AKONO	CC	Expert en Promotion de la Santé
200	NJOU MEMI ZAKARIAOU	CC	Santé Publique/Économie de la Santé
201	ABBA-KABIR HAAMIT-M	AS	Pharmacien
202	AMANI ADIDJA	AS	Santé Publique
203	MBA MAADJHOU Berjauline Camille	AS	Santé Publique/Épidémiologie Nutritionnelle
DEPARTEMENT DES SCIENCES MORPHOLOGIQUES-ANATOMIE PATHOLOGIQUE			
204	MENDIMI NKODO Joseph (CD)	P	Anatomie Pathologie
205	ESSAME OYONO	P	Anatomie Pathologie
206	FEWOU Amadou	P	Anatomie Pathologie
207	SANDO Zacharie	P	Anatomie Pathologie
208	AKABA Désiré	MC	Anatomie Humaine
209	BISSOU MAHOP	MC	Médecine de Sport
210	KABEYENE OKONO Angèle	MC	Histologie/Embryologie

211	NSEME Éric	MC	Médecine Légale
212	NGONGANG Gilbert Frank Olivier	MA	Médecine Légale
213	MENDOUGA MENYE Coralie Reine Bertine épouse KOUOTOU	AS	Anatomopathologiste
DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE			
214	NDONGO EMBOLA épouse TORIMIRO Judith (CD)	P	Biologie Moléculaire
215	PIEME Constant Anatole	P	Biochimie
216	AMA MOOR Vicky Joceline	P	Biologie Clinique/Biochimie
217	EUSTACE BONGHAN BERINYUY	CC	Biochimie
218	GUEWO FOKENG Magellan	CC	Biochimie
219	MBONO SAMBA ELOUMBA Esther Astrid	AS	Biochimie
DEPARTEMENT DE PHYSIOLOGIE			
220	ETOUNDI NGOA Laurent Serges (CD)	P	Physiologie
221	ASSOMO NDEMBA Péguy Brice	MC	Physiologie
222	AZABJI KENFACK Marcel	CC	Physiologie
223	DZUDIE TAMDJIA Anastase	CC	Physiologie
224	EBELL'A DALLE Ernest Remy Hervé	CC	Physiologie humaine
DEPARTEMENT DE PHARMACOLOGIE ET DE MEDECINE TRADITIONNELLE			
225	NGONO MBALLA Rose ABONDO (CD)	MC	Pharmaco-thérapeutique africaine
226	NDIKUM Valentine	CC	Pharmacologie
227	ONDOUA NGUELE Marc Olivier	AS	Pharmacologie
DEPARTEMENT DE CHIRURGIE BUCCALE, MAXILLO-FACIALE ET PARODONTOLOGIE			
228	BENGONDO MESSANGA Charles (CD)	P	Stomatologie
229	EDOUMA BOHIMBO Jacques Gérard	MA	Stomatologie/Chirurgie
230	LOWE NANTCHOUANG Jacqueline Michèle épouse	CC	Odontologie Pédiatrique

	ABISSEGUE		
231	Jules Julien NDJOH	CC	Chirurgien-Dentiste
232	MBEDE NGA MVONDO Rose	CC	Médecine Bucco-dentaire
233	MENGONG épouse MONEBOULOU Hortense	CC	Odontologie Pédiatrique
234	NOKAM TAGUEMNE M.E.	CC	Médecine Dentaire
235	BITHA BEYIDI Thècle Rose Claire	AS	Chirurgie Maxillo- Faciale
236	GAMGNE GUIADEM Catherine M	AS	Chirurgie Dentaire
237	KWEDI Karl Guy Grégoire	AS	Chirurgie Bucco-dentaire
238	NIBEYE Yannick Carine Brice	AS	Bactériologie
239	NKOLO TOLO Francis Daniel	AS	Chirurgie Bucco-dentaire
DEPARTEMENT DE PHARMACOGNOSIE ET CHIMIE PHARMACEUTIQUE			
240	NTSAMA ESSOMBA Claudine (CD)	P	Pharmacognosie /Chimie pharmaceutique
241	NGAMENI Barthélémy	P	Phytochimie/ Chimie Organique
242	NGOUPAYO Joseph	P	Phytochimie/Pharmacognosie
243	GUEDJE Nicole Marie	MC	Ethnopharmacologie/Biologie végétale
244	BAYAGA Hervé Narcisse	AS	Pharmacie
DEPARTEMENT DE PHARMACOTOXICOLOGIE ET PHARMACOCINETIQUE			
245	ZINGUE Stéphane (CD)	MC	
246	FOKUNANG Charles	P	Biologie Moléculaire
247	MPONDO MPONDO Emmanuel	P	Pharmacie
248	TEMBE Estella épouse FOKUNANG	MC	Pharmacologie Clinique
249	TABI OMGBA	CC	Pharmacie
250	NENE AHIDJO épouse NJITUNG TEM	AS	Neuropharmacologie
DEPARTEMENT DE PHARMACIE GALENIQUE ET LEGISLATION PHARMACEUTIQUE			
251	NNANGA NGA Emmanuel (CD)	P	Pharmacie Galénique
252	MBOLE Jeanne Mauricette épouse MVONDO M.	CC	Management de la qualité, Contrôle qualité des produits de santé et des aliments
253	SOPPO LOBE Charlotte Vanessa	CC	Contrôle qualité médicaments
254	MINYEM NGOMBI Aude Périne épouse AFUH	AS	Réglementation Pharmaceutique

255	NYANGONO NDONGO Martin	AS	Pharmacie
256	ABA'A Marthe Dereine	AS	Analyse du Médicament

P= Professeur

MCA= Maître de Conférences Agrégé

MC= Maître de Conférences

MA= Maître Assistant

CC = Chargé de Cours

AS = Assistant

RÉSUMÉ

Introduction : le glaucome est une neuropathie optique chronique et progressive caractérisée par l'association des atteintes structurales (atrophie du nerf optique dont l'excavation du nerf optique est le premier signe visible), et/ou fonctionnelles (champ visuel) et/ou une pression intraoculaire (PIO) ajustée normale ou élevée. Le glaucome préperimétrique est le stade précoce du glaucome défini par des lésions des fibres nerveuses rétiniennes sans déficit au champ visuel à la périmétrie automatisée standard (SAP). Il reste une entité dont le diagnostic et les modalités de traitement ne bénéficient d'aucun consensus car la pathogenèse à l'heure actuelle n'est pas claire. Cependant, la tomographie par cohérence optique, surtout dans le domaine spectral (OCT-SD) de la papille avec analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaires reste un atout majeur dans l'établissement de son diagnostic.

Objectif général : étudier les critères diagnostiques du glaucome préperimétrique en milieu camerounais.

Méthodologie : nous avons réalisé une étude transversale, descriptive et multicentrique du 1^{er} octobre 2022 au 31 juillet 2023, soit une durée de 10 mois, dans les services d'Ophtalmologie des Hôpitaux Gynéco-Obstétrique et Pédiatrique (HGOPY), Central (HCY) et Militaire de Région N°1 de Yaoundé (HMR1). Tous les patients présentant un glaucome chronique à angle ouvert à l'examen clinique associée à un champ visuel normal et âgés d'au moins 21 ans étaient inclus. Les variables étudiées étaient : épidémiologiques (âge, sexe, profession, fréquence) ; cliniques (antécédents personnels et familiaux, acuité visuelle de loin corrigée, tonométrie, pachymétrie, gonioscopie, examen du fond d'œil) et paracliniques (caractéristiques fonctionnelles et structurales). Les données étaient analysées avec le logiciel SPSS info V.26.0.

Résultats : au total, 69 patients (138 yeux) suspects de glaucome ont été recrutés et 30 (58 yeux) retenus avec un champ visuel automatisé (CVA) normal. Après réalisation d'une tomographie par cohérence optique de la papille optique avec analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaires, 14 patients (27 yeux) avaient une tomographie par cohérence optique (OCT) normale (suspicion glaucome) et 16 patients (31 yeux) une tomographie par cohérence optique anormale (glaucome préperimétrique). Les patients âgés de 40 ans et plus étaient majoritaires dans notre série. La fréquence du glaucome préperimétrique était de 53,45%. Le champ visuel était normal avec une médiane du mean deviation de 0,4 dB. À la

tomographie par cohérence optique dans le domaine spectral, la moyenne de l'épaisseur des fibres nerveuses réiniennes était de $94,03 \pm 14,46 \mu\text{m}$. Le cup/disc vertical était $> 3/10$ avec un rapport ISNT non respecté dans 29 yeux. La surface papillaire était normale (comprise entre $1,87$ et $3,31\text{mm}^2$) dans 25 yeux, avec un « clock hour » anormal (perte de fibres dans les quadrants 7-8 heures pour l'œil droit et 4-5 heures pour l'œil gauche) dans 23 yeux. Nous notons une atteinte du complexe de cellules ganglionnaires maculaires dans tous les quatre quadrants (inférotemporal, inféronasal, supérotemporal, supéronasal).

Conclusion : la tomographie par cohérence optique de la papille avec analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaires permet de poser le diagnostic du glaucome préperimétrique chez un patient sur deux suspects de glaucome dans notre environnement.

Mots clés : papille optique, champ visuel, tomographie à cohérence optique, glaucome, glaucome préperimétrique, Yaoundé, Cameroun.

SUMMARY

Introduction : glaucoma is a chronic, progressive optic neuropathy characterized by a combination of structural damage (optic nerve atrophy, of which optic nerve excavation in the first visible sign) and/or functional damage (visual field) and/or normal or elevated adjusted intraocular pressure (IOP). Preperimetric glaucoma is the early stage of glaucoma defined by retinal nerve fiber lesions with no visual field deficit on standard automated perimetry (SAP). It remains an entity whose diagnosis and treatment modalities do not benefit from any consensus, as the pathogenesis is currently unclear. However, optical coherence tomography, especially in the spectral domain (OCT-SD) of the papilla with analysis of the macular ganglion cell complex, remains a major asset in establishing its diagnosis.

General objective : to study the diagnostic criteria of preperimetric glaucoma in the Cameroonian environment.

Methodology : we carried out a cross-sectional, descriptive and multicenter study from October 1st 2002 to July 31th 2023, a duration of 10 months in the Ophthalmology Departments of the Gyneco-Obstetric and Pediatric, Central and Military Region N°1 Hospitals of Yaounde. All patients with chronic open angle glaucoma on clinical examination associated with a normal visual field and aged at least 21 years were included. The variables studied were : epidemiological (age, sex, occupation, frequency) ; clinical (personal and familial history, corrected distance visual acuity, tonometry, pachymetry, gonioscopy, funduscopy) and paraclinical (functional and structural characteristics). Data were analyzed with a SPSS info V.26.0 software.

Results : a total, of 69 patients (138 eyes) suspect of glaucoma were recruited and 30 (58 eyes) retained with a normal automated visual field (AVF). After optical coherence tomography of the papilla with analysis of the macular ganglion cell complex, 14 patients (27 eyes) had normal optical coherence tomography (suspicion of glaucoma) and 16 patients (31 eyes) abnormal optical coherence tomography (preperimetric glaucoma). Patients aged 40 and over were more numerous in our series. The frequency of preperimetric glaucoma was 53.45%. The visual field was normal with a median mean deviation of 0.4 dB. On spectral domain optical coherence tomography, mean retinal nerve fiber thickness was $94.03 \pm 14.46\mu\text{m}$. The vertical cup/disc was superior than 3/10 with an ISNT ratio non respected in 29 eyes. Papillary area was normal (between 1.87 and 3.31mm^2) in 25 eyes with abnormal Clock

Hour (loss fibers in the 7-8 o'clock quadrants for the right eye and 4-5 o'clock for the left eye) in 23 eyes. We noted involvement of the macular ganglion cell complex in all four quadrants (inferotemporal, inferonasal, superotemporal, superonasal).

Conclusion : optical coherence tomography of the papilla with analysis of the macular ganglion complex helps to diagnosis of preperimetric glaucoma in one out of every two patients with suspected glaucoma in our environment.

Key words : optic disc, visual field, optical coherence tomography, glaucoma, preperimetric glaucoma, Yaounde, Cameroon.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : classification de Van Herick

Tableau II : facteurs de multiplication à appliquer selon la lentille d'examen

Tableau III : état des connaissances

Tableau IV : classification de la sévérité de la déficience visuelle basée sur l'acuité visuelle du meilleur œil

Tableau V : répartition de la population en fonction des caractéristiques sociodémographiques

Tableau VI : répartition de la population d'étude en fonction des caractéristiques cliniques du fond d'œil

Tableau VIII : répartition de la population d'étude en fonction des caractéristiques tomographiques

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : anatomie du globe oculaire

Figure 2 : anatomie macroscopique de l'AIC

Figure 3 : histologie du trabéculum

Figure 4 : structure du canal de Schlemm

Figure 5 : repères anatomiques de l'AIC en gonioscopie

Figure 6 : UBM du segment antérieur. (A) aspect normal de l'angle ; (B) angle fermé (flèche)

Figure 7 : papille optique normale

Figure 8 : schéma d'une coupe de la papille et du canal scléral

Figure 9 : schéma de la vascularisation artérielle de la tête du nerf optique

Figure 10 : schéma du drainage veineux de la tête du nerf optique

Figure 11 : tonomètre à aplanation de Goldmann

Figure 12 : technique biomicroscopique de réalisation du test de Van Herick chez un patient présentant un angle iridocornéen étroit

Figure 13 : verre à trois miroirs pour la gonioscopie statique uniquement (à gauche) et verre de Posner pour la gonioscopie dynamique et statique (à droite)

Figure 14 : effets de la gonioscopie dynamique : l'angle s'ouvre à gauche (simple apposition) ; l'angle est synéchié à droite

Figure 15 : classification du degré d'ouverture de l'angle iridocornéen de Schaffer. a. Anneau de Schwalbe. b. Trabéculum pigmenté et non pigmenté. c. Éperon scléral. d. Bande ciliaire. e. Base de l'iris

Figure 16 : classification du degré d'ouverture de l'angle iridocornéen selon Spaeth

Figure 17 : la mollette permet de régler la hauteur de la fente lumineuse (a), et le vernier indique cette hauteur en millimètres et dixièmes de millimètre (ici 1,75 mm) (b)

Figure 18 : la hauteur de la fente lumineuse, placée latéralement, est ajustée à la hauteur de la papille : le vernier indique une hauteur de 2,0 mm

Figure 19 : règle des cinquièmes appliquée à la même papille : 2,5 cinquièmes en haut et 2 cinquièmes en bas d'excavation font 4,5/10 (0,45) de rapport C/D

Figure 20 : grande papille, de 2,7 mm de diamètre vertical, très allongée verticalement, avec une excavation constitutionnelle à grand axe vertical de 7/10

Figure 21 : la règle ISNT est respectée dans ces deux cas de papilles excavées physiologiquement : (a) à 0,45 (papille de la fig. 9-33) et (b) à 0,7

Figure 22 : règle ISNT non respectée. Si l'ANR est plus mince en supérieur qu'en inférieur, il l'est aussi plus qu'en nasal et qu'en temporal

Figure 23 : vaisseau circum-linéaire longeant le bord interne et inférieur de l'ANR, dans une papille avec une large excavation physiologique

Figure 24 : symétrie du diamètre papillaire (2,1 mm OD/OG) et symétrie des excavations [18]

Figure 25 : asymétrie du diamètre papillaire (2,3 mm OD ; 1,9 mm OG) avec asymétrie innée des excavations physiologiques (5/10 OD ; 2/10 OG)

Figure 26 : atrophie péripapillaire, avec l'indication des zones α et β

Figure 27 : observation d'un fond d'œil normal en lumière anérythro. Les FNR sont discrètement visibles en supérieur et en inférieur

Figure 28 : dessin à main levée de la papille, indiquant en particulier l'hémorragie (Hie) papillaire en temporal supérieur, les vaisseaux pouvant servir de repérage ultérieur pour évaluer une éventuelle augmentation de l'excavation, et l'atrophie péripapillaire

Figure 29 : périmétrie d'Octopus : test de seuil G2

Figure 30 : relevé de MatrixTM chez un sujet normal

Figure 31 : périmétrie de Humphrey

Figure 32 : relevé du Métrovision

Figure 33 : principe optique de l'OCT-time domain

Figure 34 : schéma optique de l'OCT-spectral domain

Figure 35 : examen OCT acquisition

Figure 36 : acquisition OCT avec moyennage d'image et eye-tracking

Figure 37 : relevé OCT avec erreur de segmentation du logiciel d'analyse dans le secteur temporal de l'œil droit objectivée à la partie inférieure du relevé d'analyse des cellules ganglionnaires

Figure 38 : relevé normal des FNR et disque optique Cirrus HD-OCT

Figure 39 : relevé normal des FNR et du disque optique RTVue mode « ONH map ». b. Mode « RNFL 3.45 »

Figure 40 : a. Relevé normal OCT Canon HS 100 des FNR et du disque optique

Figure 41 : b. Relevé normal NIDEK RS 3000 des FNR et du disque optique. c. Relevé normal OCT Spectralis Heidelberg des FNR

Figure 42 : d. Relevé normal 3D OCT 2000 Topcon des FNR

Figure 43 : a. Relevé normal d'analyse de l'indice BMO (Bruch membrane opening) de la TNO OCT Spectralis. b. Relevé normal d'analyse de l'indice BMO de la TNO et des FNR OCT Spectralis

Figure 44 : relevé normal Cirrus HD-OCT du complexe cellulaire ganglionnaire GCL et plexiforme interne

Figure 45 : relevé normal RTVue du GCC avec analyse de symétrie OD-OG

Figure 46 : relevé normal du GCC maculaire OCT-SD RS 3000 Nidek

Figure 47 : relevé normal du complexe maculaire OCT Canon HS 100

Figure 48 : relevé normal du GCC 3D-OCT 2000 Topcon

Figure 49 : a. Relevé normal pôle postérieur avec analyses d'asymétries hémichamp visuel et OD-OG OCT Spectralis. b. Carte de la couche des cellules ganglionnaires. c. Carte de la couche des FNR OCT Spectralis

Figure 50 : piège d'acquisition OCT par trouble des milieux de l'œil droit lié à une cataracte polaire postérieure

Figure 51 : a, b. Relevé avec erreur de segmentation par membrane épirétinienne (MER) de l'œil gauche (b)

Figure 52 : glaucome préperimétrique a, b. Rétinophotographies œil droit (OD) et œil gauche (OG)

Figure 53 : glaucome préperimétrique a, b. Relevés PAS blanc blanc OD et OG avec suivi d'évolution

Figure 54 : rapport OCT d'un glaucome préperimétrique

Figure 55 : ordinogramme des patients

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACR :	Artère centrale de la rétine
AG :	Anesthésie générale
AIC :	Angle irido-cornéen
ANR :	Anneau neurorétinien
AV :	Acuité visuelle
CA :	Chambre antérieure
C/D :	Cup/disc
CGM :	Complexe ganglionnaire maculaire
CGR :	Cellules ganglionnaires rétiniennes
CP :	Chambre postérieure
CVA :	Champ visuel automatisé
dB :	décibels
EC :	Épaisseur cornéenne
ECC :	Épaisseur centrale de la cornée
EGS :	European glaucoma society
FNR :	Fibres nerveuses rétiniennes
FO :	Fond d'œil
GAO :	Glaucome à angle ouvert
GCA :	Ganglion cell analysis
GCC :	Ganglion cell complex
GPAO :	Glaucome primitif à angle ouvert
GO :	Globe oculaire
GPP :	Glaucome préperimétrique
HA :	Humeur aqueuse
HTA :	Hypertension artérielle
HTO :	Hypertonie intraoculaire
ISNT :	Inférieur-supérieur-nasal-temporal
LAF :	Lampe à fente
MD :	Mean deviation
MER :	Membrane épirétinienne
NO :	Nerf optique
OCT :	Tomographie par cohérence optique

OCT-TD :	Tomographie par cohérence optique-Time Domain
OCT-SD :	Tomographie par cohérence optique-Spectral Domain
PAS :	Périmétrie automatisée standard
PIO :	Pression intraoculaire
PLCA :	Profondeur limbique de la chambre antérieure
PSD :	Pattern standard deviation
SA :	Segment antérieur
SP :	Segment postérieur
TF-BUT :	Tear film-Break up time
TNO :	Tête du nerf optique
VCR :	Veine centrale de la rétine
VFI :	Visual field defect

INTRODUCTION

Le glaucome est une neuropathie optique chronique et progressive caractérisée par l'association des atteintes structurales (atrophie du nerf optique dont l'excavation du nerf optique est le premier signe visible), et/ou fonctionnelles (champ visuel atteint) et/ou une pression intraoculaire (PIO) ajustée normale ou élevée [1]. Le glaucome préperimétrique est le stade précoce du glaucome défini par des lésions des fibres nerveuses rétiniennes sans déficit au champ visuel à la périmétrie automatisée standard (SAP) [2].

Le glaucome pose un problème de santé publique important dans le monde et particulièrement en Afrique, car il est la deuxième cause de cécité après la cataracte [3]. Cette cécité est généralement irréversible [3]. La prévalence du glaucome primitif à angle ouvert, la forme la plus importante, varie selon la géographie, la race et l'âge [4]. Elle est plus élevée dans la population noire représentant 5% en Afrique du Sud [5], 5,5 % au Cameroun [6] et est estimée à 2% en France [7]. Au Mali, une étude urbaine réalisée en 2013 à Bamako avait trouvé une prévalence de 4,3% de glaucome primitif à angle ouvert [8]. Balo et al. en 2006 au Togo retrouvaient une prévalence de 7% [9]. Au Cameroun, la prévalence du GPAO à Douala était de 4,3% en 2006 selon Ellong et al. [10], tandis qu'Ongbwa et al. retrouvaient en 2008 2,26% à Yaoundé [11].

Le diagnostic du glaucome, répond aux critères diagnostiques de l'European Glaucoma Society (EGS) qui ont été revus en 2021 : excavation de la tête du nerf optique, PIO normale ou élevée, atteintes fonctionnelles au champ visuel automatisé (CVA) ou structurales à la tomographie par cohérence optique (OCT) papillaire avec analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaires [12]. La présence de deux critères sur les quatre pose le diagnostic de glaucome [12]. En plus de ces critères, 16 principales questions et recommandations utiles au diagnostic du glaucome, basées sur la méthodologie GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluations), selon le niveau de preuves (élevée, modérée, faible, très faible) et la force de la recommandation (forte ou faible) seraient à prendre en considération [12].

La périmétrie automatisée standard, qui est le test diagnostique de référence pour la neuropathie optique glaucomateuse, détecte les déficits au champ visuel au moment où 30 à 40 % des fibres nerveuses rétiniennes ont déjà été perdues [13]. Il est donc primordial de déceler la perte de ces fibres le plus tôt possible avant l'atteinte des 30%, pour prévenir le développement de lésions irréversibles au champ visuel [13].

Pour y arriver, un examen de la structure rétinienne est possible et disponible. Il s'agit de la tomographie par cohérence optique (OCT) papillaire avec analyse du complexe de

cellules ganglionnaires maculaires qui est une technique d'imagerie non invasive, et sans contact utilisant la réflexion du faisceau lumineux pour visualiser des structures anatomiques en coupe ou en face avec une précision proche de l'histologie [14]. Elle aide à l'analyse de la couche des fibres nerveuses rétiniennes péripapillaires (FNRPP) et peut être utilisée dans le diagnostic et le suivi du glaucome, surtout dans les formes précoces lorsque les atteintes du champ visuel ne sont pas encore détectables [15]. Elle intervient donc dans le diagnostic initial et révèle la progression du glaucome [16].

L'acquisition de ce nouvel outil diagnostique par les formations hospitalières dans notre pays vient compléter l'arsenal clinique (excavation papillaire et PIO) et paraclinique (périmétrie automatisée standard) déjà en place. Il va donc aider à détecter les glaucomes préperimétriques afin de diminuer le taux de cécité dû au glaucome [17]. Aussi, ce type de glaucome (préperimétrique) serait la plupart du temps sous diagnostiqué se révélant tardivement. Les études camerounaises sur la question à notre portée sont rares, ce qui nous donnent l'opportunité d'étudier les critères diagnostiques de ce glaucome préperimétrique en milieu camerounais.

CHAPITRE I : CADRE DE L'ÉTUDE

I.1. Question de recherche

Quelle est la fréquence du glaucome préperimétrique en milieu camerounais ?

I.2. Hypothèse de recherche

Le glaucome préperimétrique serait sous diagnostiqué dans nos formations sanitaires camerounaises.

I.3. Objectifs de recherche

I.3.1. Objectif général

Étudier les critères diagnostiques du glaucome préperimétrique en milieu camerounais.

I.3.2. Objectifs spécifiques

1. Déterminer la fréquence du glaucome préperimétrique dans la population d'étude.
2. Rechercher les aspects cliniques ophtalmologiques des patients présentant un glaucome préperimétrique.
3. Décrire les caractéristiques périmétriques de la population d'étude.
4. Décrire les caractéristiques tomographiques de la population d'étude.

**CHAPITRE II : REVUE DE LA
LITTERATURE**

II.1. Rappels anatomophysiologiques du globe oculaire

II.1.1. Rappels anatomiques du globe oculaire

Les globes oculaires sont deux structures situées à la partie antérieure des orbites, au niveau de l'étage supérieure de la face. Chaque globe a une structure sphéroïde aplatie sur sa face antérieure [18].

A. Tuniques ou enveloppes du globe oculaire

Chaque globe oculaire est constitué de trois couches, disposées de façon concentrique. On distingue : une tunique externe fibreuse, une tunique moyenne vasculaire et une tunique interne nerveuse, la rétine.

- **La tunique externe fibreuse** : le 1/6^{ème} antérieur de cette couche fibreuse est transparent et est appelée cornée. Elle constitue la partie antérieure du globe oculaire. Les 5/6^{ème} de la partie postérieure, opaques, sont appelées sclérotiques. La cornée est enchâssée comme un verre de montre, dans la partie antérieure de la sclérotique. Le limbe est un anneau qui fait la jonction entre la périphérie cornéenne transparente et la sclère opaque. Il représente la zone charnière de plusieurs tissus : l'uvée, la conjonctive, la sclérotique et la cornée périphérique. La surface externe de la partie antérieure de la sclérotique est recouverte d'une fine couche de tissu élastique appelée episclère [18].
- **La tunique vasculaire (tissu uvéal)** : il assure la nutrition de différentes structures du globe oculaire. Il est composé de trois parties qui, d'avant en arrière, sont : l'iris, le corps ciliaire et la choroïde.
- **La tunique nerveuse (rétine)** : elle est au centre de la fonction visuelle.

B. Segments

Le globe oculaire peut être divisé en deux segments : l'un antérieur, en avant du cristallin et l'autre postérieur, en arrière du cristallin.

➤ Segment antérieur

• Chambre antérieure

Elle est délimitée en avant par la face postérieure de la cornée, et en arrière par l'iris et une partie du corps ciliaire. La chambre antérieure a environ 2,5mm de profondeur au centre chez l'adulte normal [18].

Elle est moins profonde chez les hypermétropes et plus profonde chez les myopes, mais elle est presque égale dans les deux yeux du même individu. Elle contient environ 0,25ml d'humeur aqueuse [18].

- **Chambre postérieure**

C'est un espace triangulaire contenant 0,06 ml d'humeur aqueuse. Elle est délimitée en avant par la face postérieure de l'iris et une partie du corps ciliaire, postérieurement par le cristallin et les zonules, et latéralement par le corps ciliaire.

➤ **Segment postérieur**

Il comprend les structures postérieures au cristallin, c'est-à-dire l'humeur vitré (une substance gélatineuse qui remplit l'espace derrière le cristallin), la rétine, la choroïde et le disque optique.

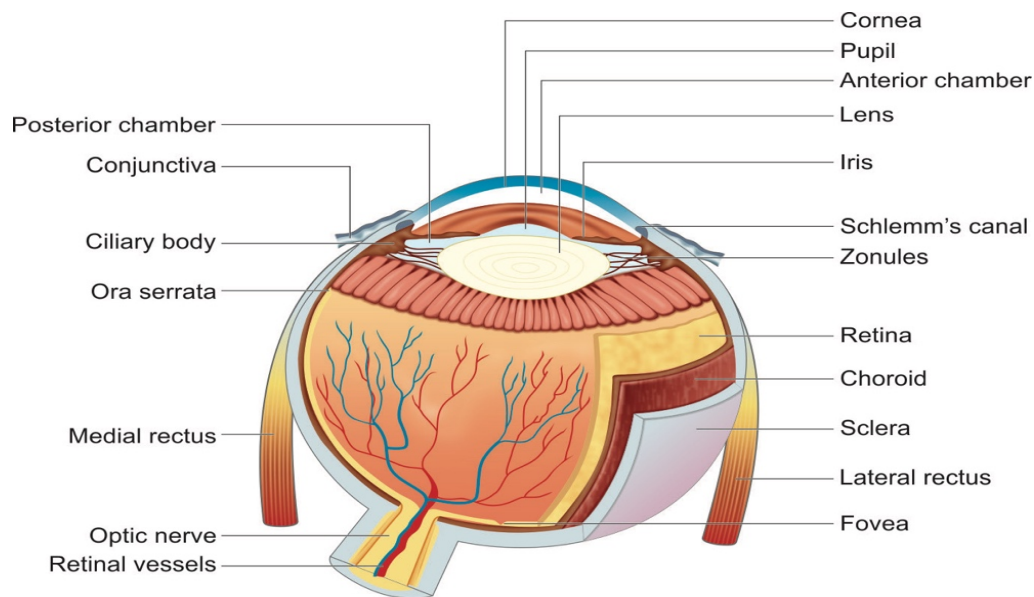


Figure 1 : anatomie du globe oculaire [18]

II.1.2. Rappels anatomiques de l'angle irido-cornéen

L'angle irido-cornéen est un récessus circulaire situé en périphérie de la CA, entre la jonction cornéosclérale en avant et la racine de l'iris en arrière. Il constitue la principale voie de résorption de l'humeur aqueuse par le biais d'un de ses éléments essentiels, le trabéculum [19].

A. Rappels embryologiques

L'angle irido-cornéen résulte du développement de la chambre antérieure (origine mésodermique). Son ébauche se fait dès la 8^{ème} semaine avec une formation progressive et il est comblé jusqu'au 5^{ème} mois avec du tissu mésodermique embryonnaire. On distingue :

- **Une partie externe** faite de tissu conjonctif dense, futur trabéculum cornéoscléral ;
- **Une partie interne** faite de tissu conjonctif lâche, futur trabéculum uvéal.

Entre les deux, se délimite progressivement un espace qui deviendra la chambre antérieure (CA). L'angle va se former et s'approfondir progressivement du 5^{ème} mois jusqu'à la naissance.

B. Anatomie macroscopique

L'angle irido-cornéen est constitué de deux parois et un sommet :

- **La paroi postéro interne**, qui correspond à l'insertion de l'iris sur le corps ciliaire ;
- **La paroi antéro externe**, qui correspond à la jonction cornéosclérale. On distingue d'avant en arrière :
 - **Le versant cornéen** qui correspond à l'anneau de Schwalbe (limite la plus antérieure de l'angle) ;
 - **Le versant scléral** composé de deux lignes annulaires en relief : le septum scléral en avant et l'éperon scléral en arrière, séparés par une dépression, la gouttière sclérale contenant le canal de Schlemm.
- **Le sommet de l'angle** qui correspond au muscle ciliaire. Il est triangulaire à la coupe et s'appuie sur la face postérieure de la sclère en arrière de l'éperon scléral auquel il est fermement lié.

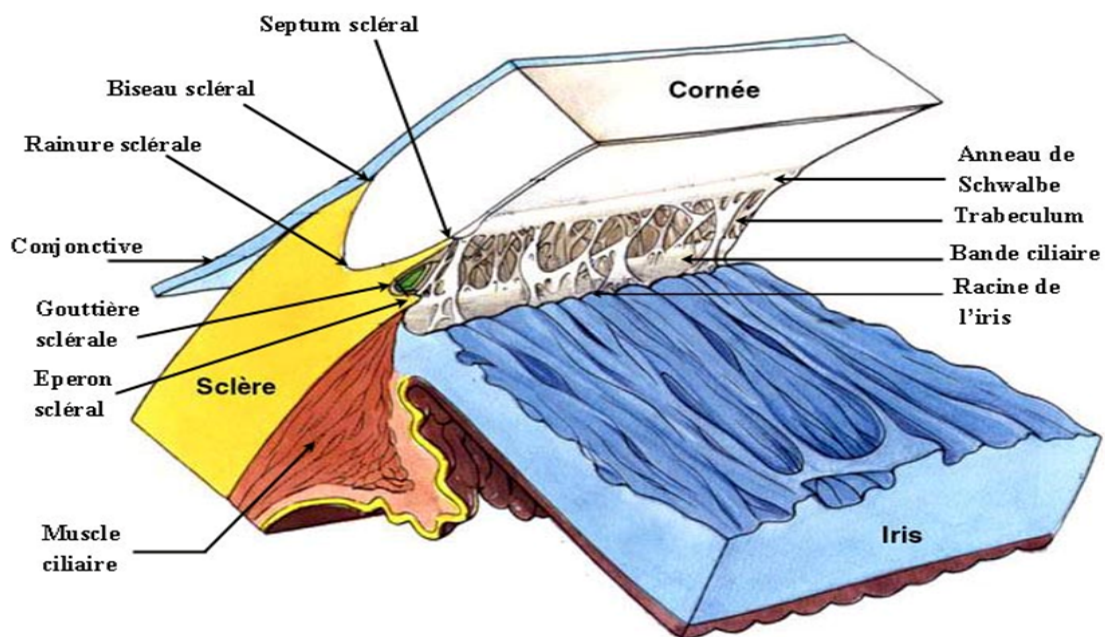


Figure 2 : anatomie macroscopique de l'AIC [19]

➤ Le trabéculum

Bande triangulaire, à sommet antérieur, prolongeant l'endothélio-descemet cornéen, parallèle au limbe scléro-cornéen. Il tapisse l'angle irido-cornéen sur la totalité de sa circonférence. C'est un tissu conjonctif lacunaire, composé d'un empilement de lamelles

entourées de cellules endothéliales, réalisant une grille pluristratifiée située en avant du mur interne du canal de Schlemm et formant des espaces intertrabéculaires de plus en plus minces en approchant de la lumière canalaire. On lui distingue 3 faces :

- **Une face antéro externe**, entre l'anneau de Schwalbe et l'éperon scléral, en contact intime avec le mur interne du canal de Schlemm ;
- **Une face postéro externe**, depuis l'éperon scléral jusqu'à la racine de l'iris, tapissant le sommet de l'angle et la paroi postéro interne ;
- **Une face interne**, de l'anneau de Schwalbe jusqu'à la racine de l'iris, directement au contact de l'humeur aqueuse dans la chambre antérieure.

Histologiquement, le trabéculum est formé de quatre constituants principaux :

- **Le trabéculum cribiforme ou juxtacanaliculaire**, entre l'anneau de Schwalbe et l'éperon scléral ;
- **Le trabéculum cornéoscléral**, allant de l'éperon scléral jusqu'à la racine de l'iris ;
- **Le trabéculum uvéal**, allant de l'anneau de Schwalbe jusqu'à la racine de l'iris, directement au contact de l'HA ;
- **Les procès ou trabécules iriens**, qui sont des ponts de tissu mésodermique tendus depuis l'iris et le corps ciliaire jusqu'à l'éperon scléral.

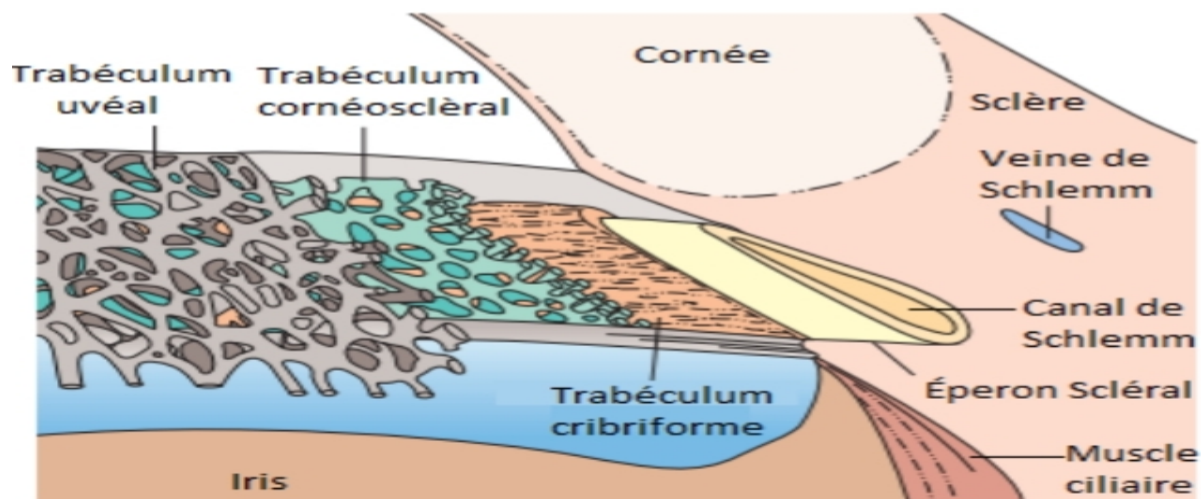


Figure 3 : histologie du trabéculum [19]

➤ Le canal de Schlemm

C'est un canal annulaire situé dans la gouttière sclérale. Il est rempli physiologiquement d'humeur aqueuse. Il a une longueur de 36 à 40 mm, circulaire, parallèle au limbe, d'un diamètre variable selon la pression intraoculaire. Il est triangulaire à la coupe,

arrondi en arrière, effilé vers l'avant, à lumière unique, parfois multiple, non uniforme, avec des varicosités et des refends. On lui distingue :

- **Un versant externe**, où s'implante les canaux collecteurs externes efférents. Ils sont au nombre de 17 à 35 ;
- **Un versant interne ou mur interne**, en contact étroit avec le trabéculum.

Les canaux collecteurs sont au nombre de deux :

- **Les canaux collecteurs internes**, qui apparaissent sous la forme de simples digitations du mur interne du canal de Schlemm ;
- **Les canaux collecteurs externes**, qui naissent de la paroi externe du canal de Schlemm. Ils s'anastomosent à la sortie du canal en un plexus de type veineux intrascléral profond. Certains gagnent directement les veines épisclérales à la surface du globe, formant ainsi les veines d'Acher [19].

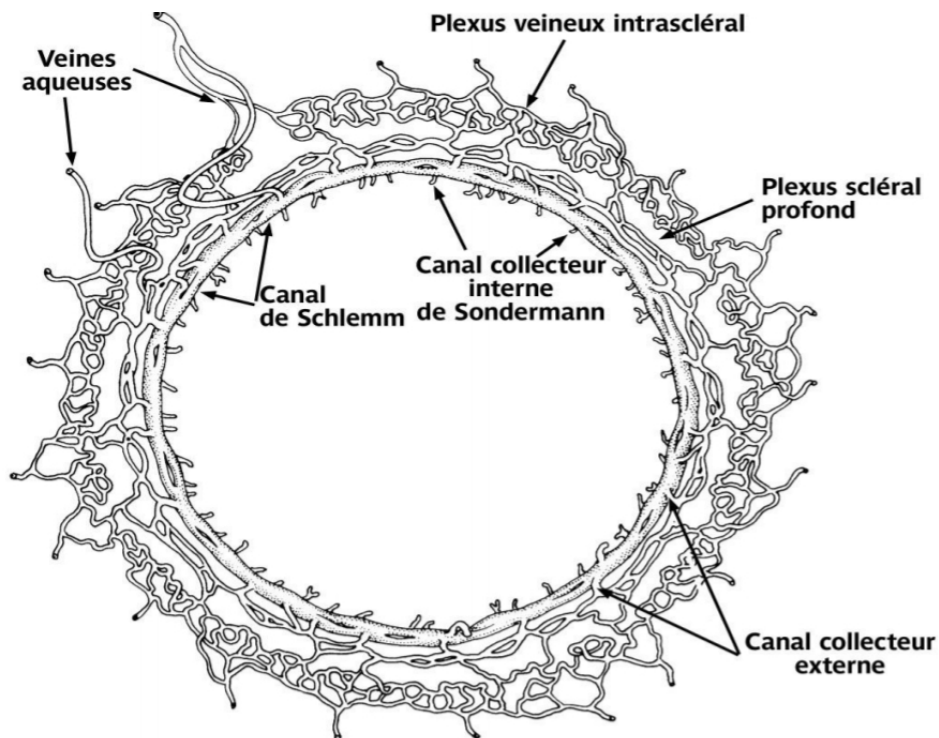


Figure 4 : structure du canal de Schlemm [19]

C. Le limbe cornéoscléral

C'est une zone de transition entre la périphérie cornéenne transparente et la sclère opaque. Il a la forme d'un anneau et mesure environ 2mm de largeur. On distingue :

- **Le limbe anatomique** : correspondant en coupe à l'arc concave en avant réalisé par la jonction cornéosclérale. Le septum constitue la lèvre interne de cet arc et le biseau scléral l'élément externe ;
- **Le limbe chirurgical** : constituant l'extrémité antérieure de l'espace décollable entre sclère et conjonctive. Il constitue la zone gris bleutée située à 0,5mm en arrière du limbe anatomique.

Histologiquement, il est constitué par : l'épithélium limbique, le tissu sous-épithélial conjonctif et de la couche cornéosclérale profonde [19].

D. Rapports de l'AIC

L'AIC est en rapport :

- **En dedans** : la CA et l'HA ;
- **En dehors** : la CP ;
- **En avant et en dehors** : jonction cornéosclérale ;
- **En arrière et en dedans** : la partie antérieure du corps ciliaire, en particulier avec les vaisseaux du grand cercle artériel de l'iris et les artères ciliaires antérieures et le tendon antérieur des fibres longitudinales du muscle ciliaire.

E. Vascularisation de l'AIC

Il n'y a pas de vascularisation propre de l'angle. C'est une région anatomique intéressée par plusieurs carrefours vasculaires.

- **Artérielle : canal de Schlemm : collatérales profondes des artères ciliaires antérieures** lors de leur traversée sclérale, par l'intermédiaire d'un plexus intra cornéen et du grand cercle artériel de l'iris.
- **Veineuse** : forme une série de plexi étagés ; de la superficie vers la profondeur, on a :
 - Plexus conjonctival, lâche, drainé en arrière par les veines conjonctivales postérieures ;
 - Plexus épiscléral, drainé par les veines ciliaires ;
 - Plexus intrascléral, drainé par le réseau susnommé ;
 - Plexus scléral profond [19].
- **Lymphatique** : il existe un réseau de canaux anastomosés, le circulus lymphaticus de Teishmann, disposés en mailles à la partie interne du limbe. Le drainage se fait vers les ganglions parotidiens via le système pré-auriculaire et sous-angulo maxillaire.

F. Innervation de l'AIC

Elle dépend du système nerveux autonome :

- **Innervation sympathique** : provient de la chaîne sympathique cervicale et parvient à l'œil par les nerfs ciliaires.
- **Les fibres nerveuses myélinisées et amyéliniques** se retrouvent dans toute la zone angulaire, jusqu'au trabéculum et dans le muscle ciliaire, et jouent un rôle dans l'excrétion de l'HA.
- **Innervation parasympathique** : provient de 02 contingents
 - **Le 1^{er}, né du noyau d'Edinger-Westphall** parvient à l'œil en suivant le trajet du nerf moteur oculaire commun jusqu'au ganglion ciliaire où les fibres font relais, avant d'emprunter les nerfs ciliaires.
 - **Le 2^{ème} emprunte le trajet du nerf grand pétreux** pour parvenir, avec le nerf facial, au ganglion ptérygopalatin où elles font relais avant de se diriger vers l'œil [19].

G. Moyens d'exploration de l'AIC

Comme moyens d'exploration, nous avons :

- **Gonioscopie** : elle peut être directe ou indirecte. La gonioscopie indirecte est celle de référence, décrite par Goldmann. Elle est réalisée à l'aide du verre à trois miroirs de Goldmann (à l'aide du verre) et après anesthésie cornéenne topique. Cet examen met en évidence les principaux repères anatomiques, qui sont d'avant en arrière : l'anneau de Schwalbe, le trabéculum, l'éperon scléral, la bande ciliaire et la racine de l'iris.

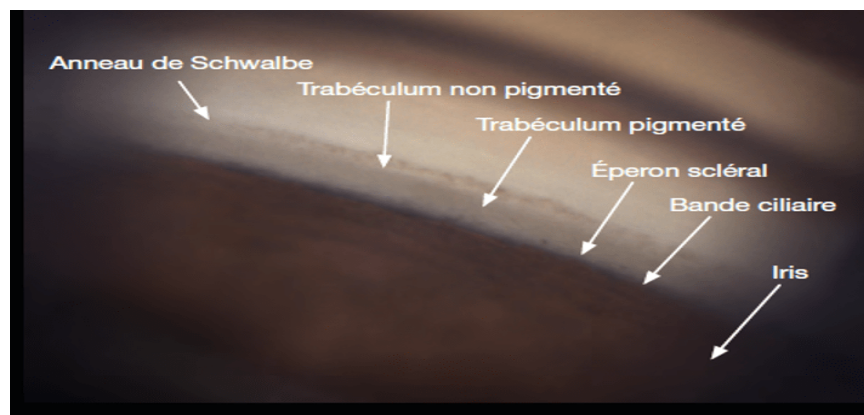


Figure 5 : repères anatomiques de l'AIC en gonioscopie [20]

- **Échographie** : en dehors de la classique échographie oculaire en mode B, qui peut fournir des renseignements macroscopiques concernant la région de l'angle, en utilisant l'immersion de la sonde ou des sondes de hautes fréquences (20 MHz), c'est

surtout la biomicroscopie ultrasonore (BMU) qui semble donner les meilleures images [20].

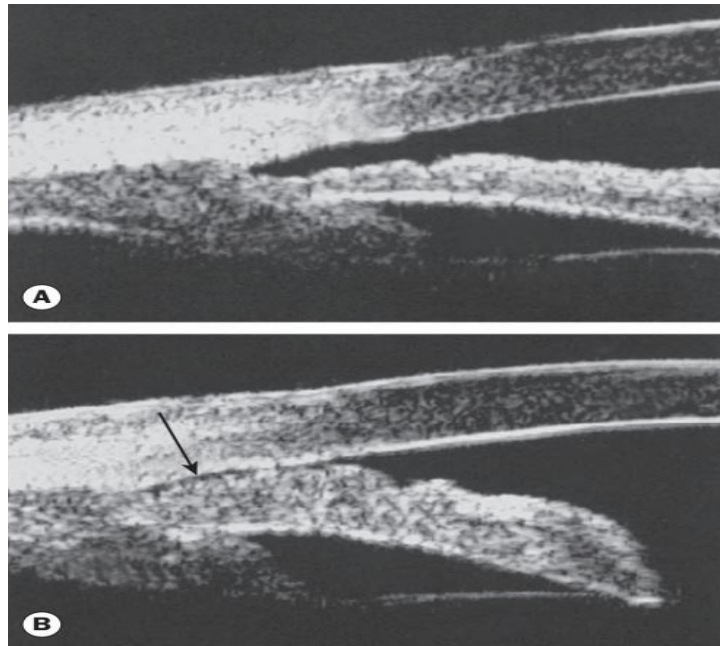


Figure 6 : UBM du segment antérieur. (A) aspect normal de l'angle ; (B) angle fermé (flèche) [14]

- **Tomographie par cohérence optique (OCT) :** permet une mesure quantitative précise du degré d'ouverture de l'AIC [20].
- **Gonioendoscopie :** domaine expérimental, avec néanmoins quelques indications cliniques. C'est une technique invasive [20].

II.1.3. Rappels anatomiques de la tête du nerf optique ou papille optique

La papille optique ou tête du nerf optique est une zone anatomique cruciale pour le nerf optique, en particulier dans la physiopathologie des glaucomes. En termes biomécaniques, c'est une structure fragile remplissant le canal scléral qui constitue une interruption dans l'enveloppe sclérale solide du globe oculaire. Cette zone offre par ailleurs un support structurel mais aussi fonctionnel pour l'ensemble des axones des cellules ganglionnaires rétiniennes (CGR) qui la traverse. L'atteinte des axones des CGR au niveau de la tête du nerf optique serait ainsi le principal mécanisme physiopathologique à l'origine de la neuropathie optique glaucomateuse [21].

A. Anatomie descriptive macroscopique de la tête du nerf optique

On distingue plusieurs éléments lors de l'analyse de la papille. De dedans en dehors, on retrouve : l'excavation au centre, l'anneau neurorétinien, l'anneau scléral péripapillaire et enfin la zone parapapillaire.

➤ Taille et forme

Les axones des cellules ganglionnaires rétiniennes sortent de l'œil par le canal scléral qui forme un entonnoir à la pointe postérieure. Lors de l'examen clinique, la tête du nerf optique ou papille correspond à la surface interne de cette ouverture sclérale postérieure. La taille de la papille est très variable d'un individu à l'autre, mais également entre les deux yeux d'un même individu. En fonction de la méthode de mesure utilisée mais aussi de la population étudiée, le diamètre moyen de la papille est compris entre 1,47 et 1,89 mm chez le caucasien [21]. Dans la population noire, celui-ci est compris entre 1,3 et 1,9 mm [22]. De même, la surface moyenne de la papille est de $2,69 \pm 0,70 \text{ mm}^2$ chez le caucasien et $2,57 \pm 0,59 \text{ mm}^2$ dans la population noire [22]. L'asymétrie de la surface des papilles des deux yeux d'un même individu est inférieure à 1 mm^2 chez près de 99% des individus normaux. La plupart des papilles ont une forme plus ou moins ovalisée à grand axe vertical, le diamètre vertical étant plus grand que le diamètre horizontal approximativement dans 7 à 10% des cas. Les très grands nerfs optiques sont appelés macrodisques et les très petits microdisques. En considérant la surface de la papille, les macrodisques sont des papilles dont l'aire est supérieure à $4,09 \text{ mm}^2$ et les microdisques sont des papilles dont la surface est inférieure à $1,29 \text{ mm}^2$ [21].

➤ Excavation papillaire

Elle correspond à la portion centrale de la tête du nerf optique dépourvue de fibres nerveuses rétiniennes. Sa taille est variable dans la population étudiée. La surface de l'excavation est le paramètre le plus souvent mesuré, avec une surface moyenne comprise entre $0,53$ et $1,40 \text{ mm}^2$ (de $0,00 \text{ mm}^2$ à $3,07 \text{ mm}^2$). L'excavation normale est ovale horizontalement avec un diamètre horizontal 7,7% plus grand que le diamètre vertical. Par ailleurs, il existe une corrélation entre la taille de la papille et celle de l'excavation, les grandes papilles ayant également de grandes excavations et les petites papilles n'ayant pas ; élément important dans l'analyse clinique du nerf optique. Le rapport C/D correspond au rapport entre le diamètre de l'excavation (C pour cup) et le diamètre de la papille (D pour disc). Compte tenu de la forme de la papille et de son excavation, le rapport C/D est donc habituellement plus grand dans son diamètre horizontal que vertical. Ainsi, chez les patients glaucomateux, le C/D vertical s'élargit typiquement plus vite que le C/D horizontal. Le

rapport C/D vertical moyen varie entre 0,3 et 0,56 et rapport moyen des surfaces du C/D varie entre 0,14 et 0,37 [21].

➤ **Anneau neurorétinien**

Il correspond aux axones des cellules ganglionnaires rétiniennes. Sa surface est très variable entre les individus et les méthodes de mesure utilisés. Elle est comprise entre 0,80 et 4,66 mm², avec une mesure moyenne de $1,97 \pm 0,50$ mm². La surface de l'ANR est néanmoins corrélée à la taille de la papille, une grande papille ayant un grand ANR et inversement. L'ANR est en général plus large dans sa partie inférieure, suivi par sa partie supérieure, puis nasale et temporale [21].

➤ **Anneau scléral péripapillaire**

Également appelé anneau scléral d'Elschnig, il apparaît comme une ligne blanche circulaire. Il délimite la papille avec l'ANR en dedans et la zone péripapillaire en dehors. Il est plus visible chez les sujets porteurs d'une atrophie optique [21].

➤ **Atrophie péripapillaire**

La zone péripapillaire peut être le siège d'une atrophie chorioretinienne qui est habituellement séparée en deux zones : la zone périphérique ou zone alpha (α) et la zone bêta (β) située entre la zone α et l'anneau scléral péripapillaire. La zone α correspond à un amincissement de la couche chorioretinienne péripapillaire et apparaît cliniquement comme une zone de pigmentation irrégulière. La zone β correspond à une atrophie importante de l'épithélium pigmenté et de la choriocapillaire avec une visibilité accrue des vaisseaux choroïdiens et de la sclère adjacente à l'anneau scléral péripapillaire. Ces deux zones sont présentes aussi bien chez les sujets normaux que glaucomateux. Chez les sujets normaux, elles sont plus fréquemment observées et plus larges dans le secteur temporal horizontal puis dans le secteur temporal inférieur et temporal supérieur. Elles sont beaucoup plus rares en nasal. Chez les sujets glaucomateux, la zone β est observée plus fréquemment, et les deux zones α et β sont significativement plus larges que chez les sujets normaux.

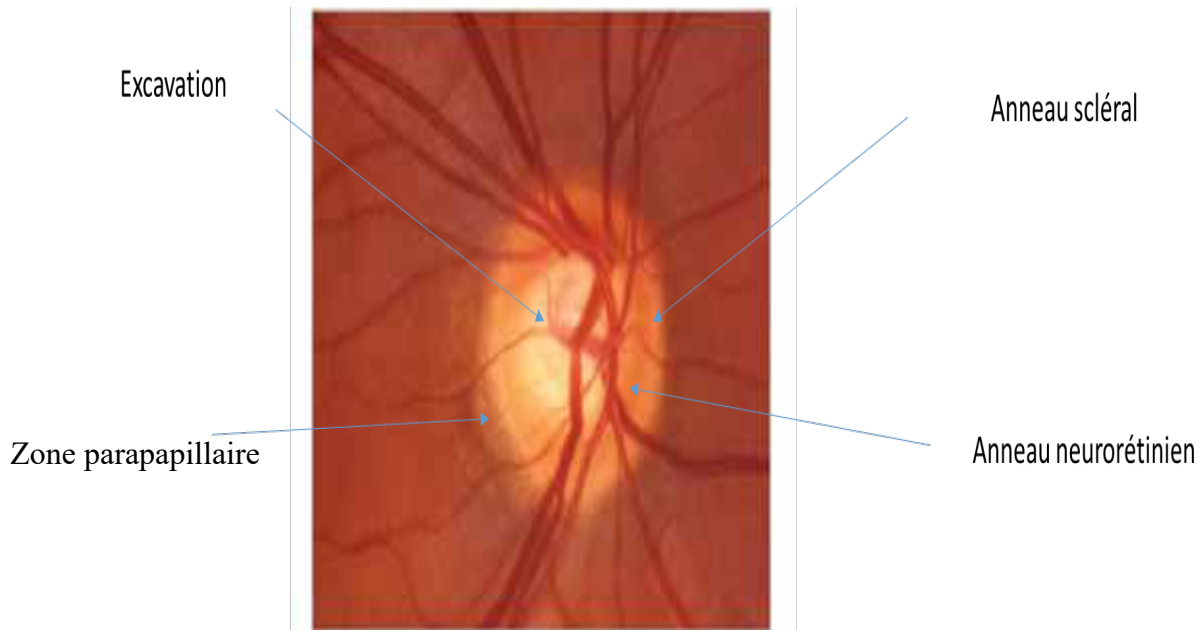


Figure 7 : papille optique normale [21]

B. Histologie de la papille optique

La papille ou tête du nerf optique est une zone de transition à travers laquelle les axones des cellules ganglionnaires rétiniennes quittent le globe oculaire pour former le nerf optique. La tête du nerf optique peut être divisée au niveau histologique en quatre régions :

- **La couche des fibres nerveuses rétiniennes** : partie la plus antérieure de la tête du nerf optique. Elle est constituée par les axones des cellules ganglionnaires dans leur transition de la rétine superficielle à la composition neuronale du nerf optique. Le nombre moyen de fibres nerveuses rétiniennes est estimé à 1 200 000 avec des variations chez les sujets normaux allant de 750 000 à 1 500 000 axones. Le diamètre moyen des fibres nerveuses rétiniennes est approximativement de $1\mu\text{m}$ (de 0,1 à $8,3\mu\text{m}$) [21].
- **La portion prélaminaire** : située en arrière de la couche des fibres nerveuses rétiniennes. Histologiquement, elle est constituée des fibres nerveuses rétiniennes, des vaisseaux rétiniens et des cellules gliales. Les axones représentent 90% du tissu constituant la papille à sa partie superficielle. Les astrocytes sont les cellules gliales principales de cette portion et sont organisés de manière plane perpendiculaire aux axones des cellules ganglionnaires rétiniennes. Ces cellules ont un rôle de support essentiel pour les axones des cellules ganglionnaires rétiniennes, à l'image des cellules de Müller de la rétine [21].

- **La portion laminaire ou lame criblée :** elle est en continuité avec les parois du canal scléral. Sa fonction principale est de permettre le passage des fibres nerveuses rétiniennes et des vaisseaux centraux de la rétine au travers du canal scléral tout en préservant ces structures du gradient de pression entre les espaces intra et extra oculaires. Morphologiquement, elle est légèrement incurvée avec une concavité antérieure, ses couches internes communiquant avec le réseau glial préliminaire et ses couches externes fusionnant avec les septums rétrobulbaires du nerf optique. Elle mesure approximativement 237 μ m de hauteur. Elle est composée de fibres de collagène et élastiques qui s'entrecroisent en feuillets de tissus conjonctifs fenêtrés.
- **La portion rétrolaminaire :** elle commence à la partie postérieure de la lame criblée. Elle est marquée par le début de la myélinisation axonale et est entourée par les gaines méningées du système nerveux central. Elle est composée par les axones des cellules ganglionnaires rétiniennes, par les oligodendrocytes qui forment la couche de myéline autour de ces axones, par les astrocytes qui recouvrent les fibres myélinisées et les séparent du tissu conjonctif voisin, y compris les vaisseaux sanguins, et enfin par les septums du nerf optique qui divisent incomplètement les fibres nerveuses rétiniennes en faisceaux et ont une fonction nutritionnelle et de support [21].

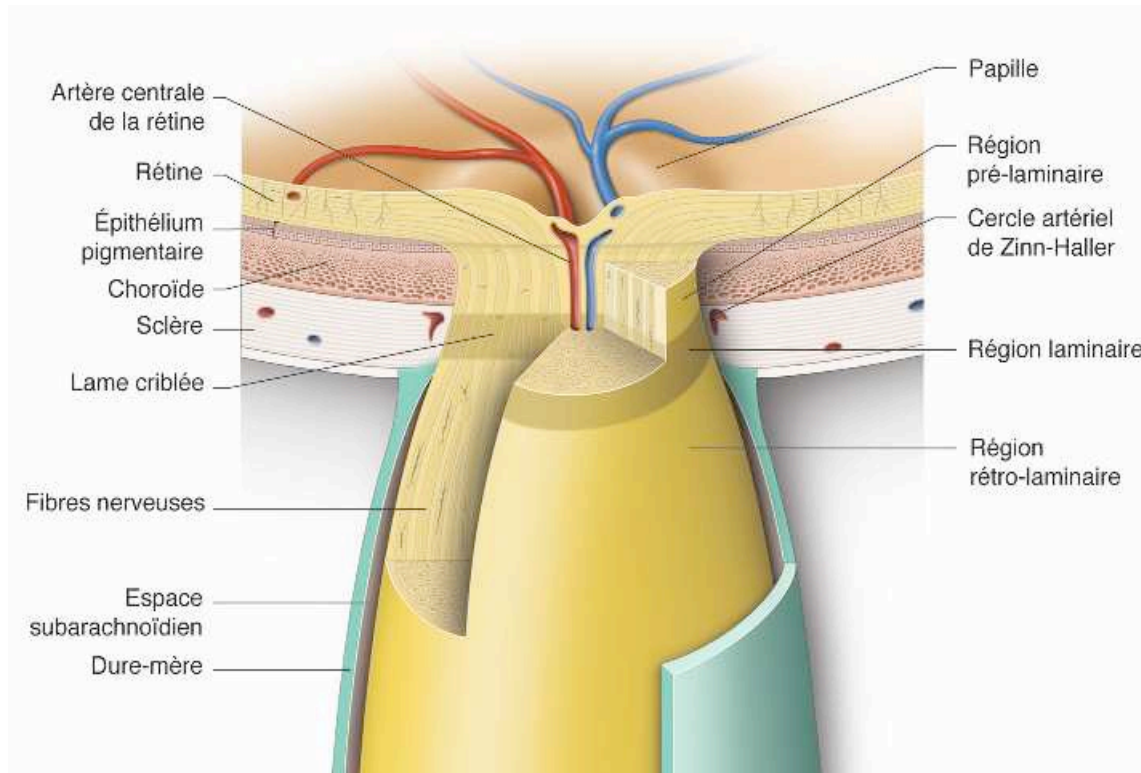


Figure 8 : schéma d'une coupe de la papille et du canal scléral [21]

C. Vascularisation de la tête du nerf optique

➤ Artérielle

La couche superficielle des fibres nerveuses rétiniennes est principalement vascularisée par des artéioles récurrentes provenant des branches péripapillaires des artères rétiniennes. La zone temporale de la couche des fibres nerveuses rétiniennes peut aussi avoir une contribution artérielle d'une artère ciliorétinienne lorsque celle-ci est présente.

La région prélaminaire reçoit sa vascularisation par des branches directes des artères ciliaires courtes postérieures et des branches provenant du cercle artériel de Zinn Haller lorsque celui-ci est présent.

La région laminaire est vascularisée par les artères ciliaires courtes postérieures soit directement, soit par l'intermédiaire du cercle artériel de Zinn Haller. C'est la région la plus richement vascularisée de la tête du nerf optique.

La région rétrolaminaire est essentiellement vascularisée par des branches de l'artère piale et du système artériel ciliaire court postérieur. Elle peut aussi être vascularisée par des branches piales provenant de l'ACR ou d'autres artères orbitaires [21].

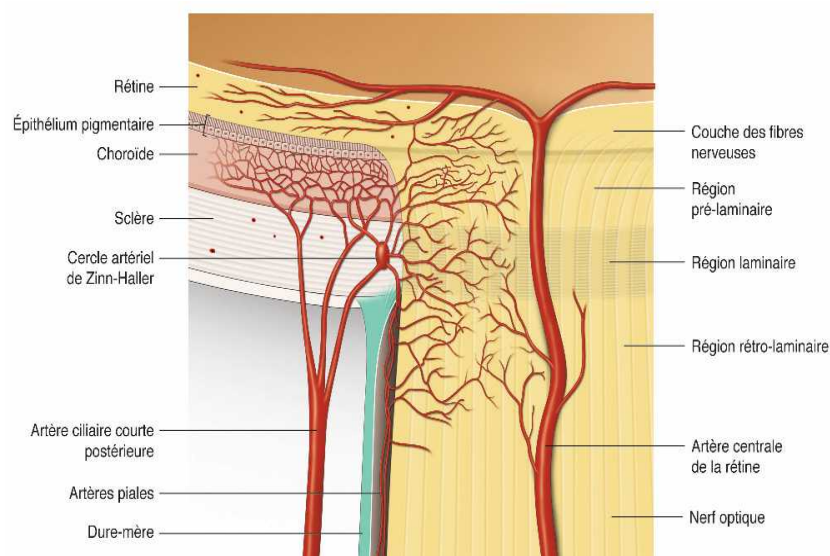


Figure 9 : schéma de la vascularisation artérielle de la tête du nerf optique [21]

➤ Veineuse

Dans la couche des fibres nerveuses rétiniennes, le sang est drainé directement dans les veines rétiniennes qui se rejoignent pour former la VCR.

Dans les portions prélaminaire, laminaire et rétrolaminaire, le drainage veineux se fait également par la VCR ou les efférentes axiales de la VCR. En périphérie de la région laminaire et rétrolaminaire, le drainage veineux peut aussi se faire via les veines piales. Celles-ci se jettent finalement dans la veine centrale de la rétine lorsqu'elle sort du nerf

optique. Parce que la veine centrale de la rétine est le principal système de drainage de la tête du nerf optique, un flux sanguin centripète est créé au sein du nerf optique [21].

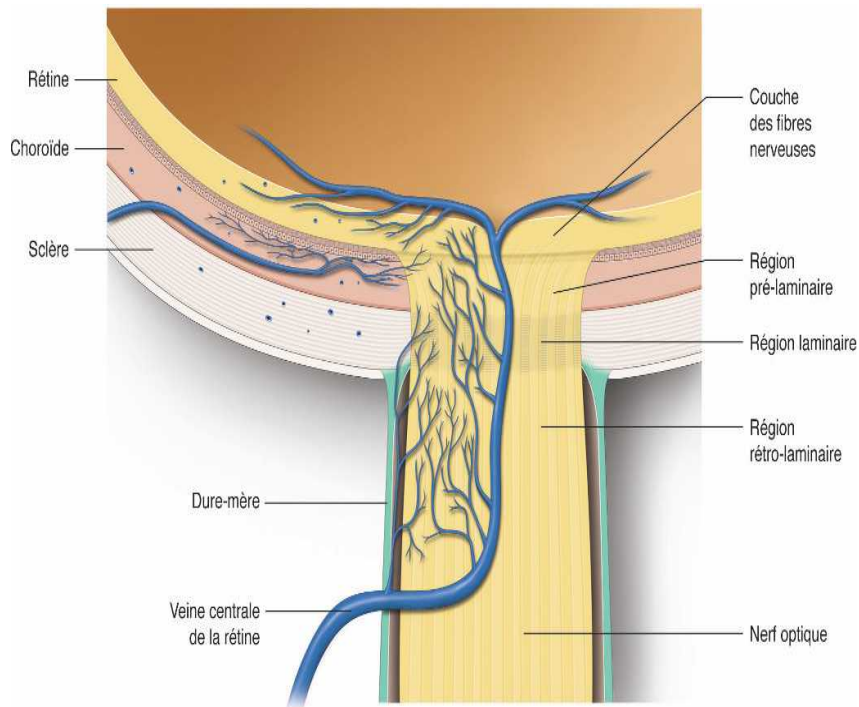


Figure 10 : schéma du drainage veineux de la tête du nerf optique [21]

II.1.4. Rappels physiologiques : physiologie de l'humeur aqueuse et du tonus oculaire

La **PIO** est définie comme la pression exercée par le contenu du globe sur sa paroi. Elle varie entre **10 et 21mmHg** ($15 \pm 6\text{mmHg}$) [23]. Elle augmente avec l'âge (avant 40ans, elle est de 13 à 19mmHg et après 40ans, elle est de 16 à 23mmHg). La PIO chez le sujet sain est assez stable tout au long du nyctémère et la variation journalière est inférieure à 5mmHg, ceci malgré une variation du débit ciliaire. Elle dépend de trois facteurs :

- **Du volume et de la compliance des structures intraoculaires liquidiennes**, à savoir l'humeur aqueuse, le corps vitré et le volume sanguin choroïdien ;
- **De la compliance de la sclère** et ;
- **De la pression extrinsèque** exercée sur les parois du globe par les muscles oculaires et l'orbiculaire des paupières.

Dans les conditions physiologiques, le rôle essentiel de régularisation de la PIO est joué par l'humeur aqueuse et sa circulation. L'humeur aqueuse est produite par les procès ciliaires à partir du plasma (ultrafiltration) en chambre postérieure, gagne la chambre antérieure à travers la pupille et s'élimine par le filtre trabéculaire [23].

A. Composition et caractéristiques de l'humeur aqueuse

On retrouve :

- **Un ultrafiltrat de sang**, limpide, pauvre en protéines et riche en acide ascorbique avec proportion en eau de 98,75% ;
- **Son volume** : 100 à 400 mm³, les 4/5 de l'HA remplissant la CA et le reste la CP ;
- **Son poids spécifique** : 1,0059 ;
- **Sa viscosité** : 1,025 ;
- **Son indice de réfraction** : 1,33 ;
- **Son pH** : 7,21 ;
- **Sa pression osmotique** : 3 à 5mOsm.

B. Sécrétion de l'humeur aqueuse

- **Transport actif (70%)** : pompe à sodium au niveau de l'épithélium ciliaire.
- **Transport passif** : hyperpression hydrostatique au niveau des capillaires des procès ciliaires, pression osmotique, gradients ioniques, diffusion simple.
- **Phénomènes d'innervation** : innervation sympathique et cholinergique abondante des vaisseaux sanguins des procès ciliaires [23].

C. Circulation de l'humeur aqueuse

Dans un œil normal, le gradient moyen de pression entre la chambre postérieure et les vaisseaux épiscléraux est d'environ 8mmHg.

Ce gradient de pression est responsable de l'écoulement de l'humeur aqueuse [23].

D. Excrétion de l'humeur aqueuse

Deux principales voies d'élimination :

- **Voie d'élimination principale (70 à 75%), voie trabéculaire** : va du trabéculum uvéal, puis scléral, puis cribriforme, puis vers le canal collecteur de Schlemm qui distribue l'HA et régularise le débit, puis vers les veines aqueuses et enfin, les veines épisclérales.
- **Voie d'élimination secondaire (25 à 30%), voie uvéosclérale** : à travers le muscle ciliaire dans l'espace suprachoroïdien ou à travers la sclère.

E. Facteurs de réduction de la sécrétion de l'HA (↓ PIO)

Ce sont :

- **Les médicaments tels que :** les bêta bloquants (blocage des récepteurs bêta de l'épithélium ciliaire), les digitaliques (inhibition de la pompe à sodium), les inhibiteurs de l'anhydrase carbonique (réduction du débit aqueux du corps ciliaire), les alpha adrénergiques ;
- **La chirurgie ou le laser :** le chaud ou le froid peut entraîner la destruction de l'épithélium ciliaire ou des procès ciliaires ;
- **La réduction du débit sanguin ;**
- **La déshydratation ;**
- **L'âge avancé.**

F. Augmentation de la sécrétion de l'HA (↑ PIO)

On retrouve :

- L'élévation du débit de perfusion du corps ciliaire, l'élévation de la charge hydrique et les bêta adrénergiques ;
- L'altération de la barrière hémato oculaire : photo-coagulation panrétinienne.

G. Facteurs augmentant la résistance dans le trabéculum (↑ PIO)

Ce sont :

- L'âge avancé ;
- L'obturation des mailles trabéculaires par les pigments ou les débris cellulaires ;
- La fermeture ou le rétrécissement de l'AIC ;
- L'élévation de la pression veineuse épisclérale.

H. Facteurs augmentant l'excrétion de l'HA (↓ PIO)

Ce sont :

- **Les médicaments diminuant la résistance au niveau du trabéculum tels que :** les parasympathomimétiques directs (la pilocarpine qui entraîne la contraction du muscle ciliaire qui tire sur l'éperon scléral), les alpha adrénergiques (l'apraclonidine), les prostaglandines qui augmentent l'excrétion par la voie secondaire ou uvéosclérale.
- **La chirurgie :** la trabéculo-rétraction au laser diminuant la résistance dans le trabéculum.

II.2. Glaucome

II.2.1. Définition

Selon l'European Glaucoma Society (EGS), le glaucome est une neuropathie optique progressive qui a comme particularité commune des modifications morphologiques de la tête du nerf optique et des fibres nerveuses rétiniennes en l'absence d'autres maladies ou de pathologies congénitales. Des pertes progressives des cellules ganglionnaires rétiniennes et du champ visuel sont associées à ces modifications [21].

II.2.2. Épidémiologie

Le glaucome est la deuxième cause de cécité dans le monde et la principale cause de cécité irréversible, représentant 8% de toutes les cécités, parmi les 39 millions de personnes aveugles dans le monde [24]. En 2010, le glaucome était responsable de 4,4% des cas de cécité en Afrique [25].

Le glaucome primitif à angle ouvert est le type de glaucome le plus courant dans le monde et chez les patients africains, représentant jusqu'à 94,5% de tous les types de glaucomes dans les enquêtes de prévalence chez les Africains [26].

La prévalence globale du glaucome dans le monde a été estimée à 3,05% chez les sujets de 40 à 80ans [27], et en 2009, dans l'ouest du Cameroun, elle a été estimée à 8,2% [28]. Au Ghana, la prévalence du glaucome a été estimée à 8,5% [29]. Dans l'enquête la plus récente au Kenya, la prévalence du glaucome chez les adultes âgés de 50 ans et plus a été estimée à 4,3% [25]. En Afrique, la prévalence du glaucome a été estimée à 4,16% [30]. Au Cameroun, des études hospitalières révèlent une prévalence du glaucome estimée entre 2,2 et 4,4% [30].

II.2.3. Classification

La classification des glaucomes est basée sur les mécanismes anatomiques (glaucome à angle ouvert et fermé) et sur l'étiologie (primaire ou secondaire) [31].

II.2.4. Clinique

A. Facteurs de risque

La cause exacte du GPAO est inconnue, mais de nombreux facteurs de risque ont été identifiés. Les facteurs de risque pour l'apparition d'un GPAO sont [12] :

- L'âge avancé ;
- La PIO élevée, qui reste le seul facteur de risque modifiable ;
- La race/l'ethnicité : la prévalence du glaucome est plus élevée chez les personnes de race noire ;

- Les antécédents familiaux : le risque de développer un GAO est plus élevé chez les personnes ayant un parent au premier degré avec un GAO confirmé ;
- La myopie modérée à élevée ;
- La basse pression artérielle diastolique ;
- L'ECC plus mince.

Les données tirées de la littérature sur le diabète, l'HTA, la migraine, le syndrome Raynaud et l'apnée du sommeil ne sont pas établis formellement [12].

Les facteurs de risque de progression d'un GPAO sont : l'âge avance, la PIO élevée, la présence d'hémorragies papillaires et l'ECC plus mince [12].

B. Physiopathologie

Une pression intraoculaire élevée et une faible pression de perfusion augmentent le gradient à travers la lame criblée et provoquent une hypoperfusion papillaire, entraînant des modifications structurelles et un remodelage de la lame criblée, ainsi qu'une altération du transport axonal dans les fibres du nerf optique [32].

C. Examen clinique

a. Mesure de l'AV

Elle doit être mesurée régulièrement chez le sujet glaucomateux ou susceptible de l'être même si elle n'est affectée que tardivement. Elle se fait œil par œil, de loin par l'échelle de Snellen et de près par l'échelle de Parinaud, parfaitement corrigée pour un éventuel défaut réfractif. Elle renseigne sur l'éventuelle coexistence d'une pathologie associée, qui elle-même risque de perturber les tests ultérieurs de la fonction et de la structure [33].

Elle présente des variations que sont : l'âge, l'accommodation, la taille de la pupille, les facteurs psychologiques, les pathologies oculaires telles que le glaucome.

b. Mesure de la PIO

Elle est une étape essentielle du dépistage de l'HTIO et du suivi du glaucome, quels qu'en soient le stade et la forme clinique.

La tonométrie à aplanation selon Goldmann demeure la technique de référence pour la mesure de la PIO, bien que la fiabilité des résultats soit fonction de paramètres cornéens ou d'autres facteurs extrinsèques tels que la qualité du film lacrymal.

En particulier, elle doit être couplée à la mesure de l'ECC.

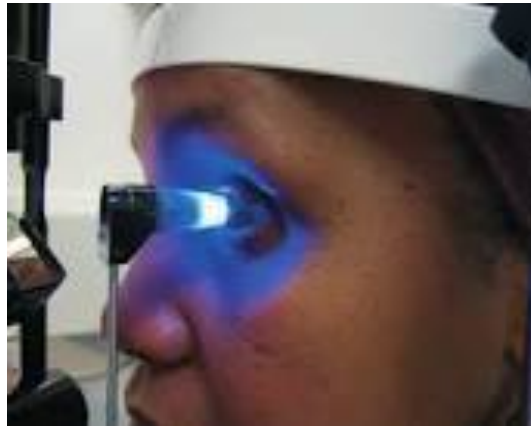


Figure 11 : tonomètre à aplanation de Goldmann [21]

c. Examen biomicroscopique

➤ **Biomicroscopie du SA**

L'examen clinique du SA de tout patient glaucomateux ou suspect de l'être doit être systématique et méthodique. Il concerne la peau et les annexes péri oculaires, la conjonctive, la cornée, la CA (avec le test de Van Herick), l'iris et le cristallin.

Il apprécie la qualité de la sécrétion lacrymale et de la surface oculaire, en particulier pour évaluer la tolérance du traitement antiglaucomateux et rechercher d'éventuels effets indésirables.

▪ **Examen de la surface oculaire**

Il repose principalement sur :

- la mesure du temps de rupture du film lacrymal ou TF-BUT : en pratique, le seuil du TF-BUT pour le diagnostic de l'œil sec est inférieur à 10 secondes, mais des valeurs comprises entre 5 et 10 secondes ont été acceptées par plusieurs auteurs, surtout lors de l'utilisation de faibles volumes de fluorescéine.
- le test à la fluorescéine (intensité de fixation cornéoconjonctivale) : permet d'examiner la cornée et la conjonctive. La fluorescéine imprègne les structures avec rupture des jonctions intercellulaires et colore également le mucus et les sécrétions. La lecture de l'intensité de sa fixation repose sur une stimulation en lumière bleue, jaune ou orange.
- le test de Schirmer : surtout de type 1, sans stimulation. Il s'effectue sans anesthésie locale, à l'aide d'une bandelette papier de Schirmer placée sur le bord inférieur de la paupière, au niveau du 1/3 externe. La lecture se fait après 5 minutes. On considère qu'une longueur d'imprégnation inférieure à 5 mm correspond à un test positif (sècheresse oculaire quantitative).

- l'étude de la morphologie des paupières et des glandes de Meibomus : essentiel au diagnostic des pathologies de la surface oculaire, à la recherche des signes d'iatrogénicité.
- l'étude des sécrétions meibomiennes : réalisée après avoir pressé le bord libre palpébral.

- **Test de Van Herick**

- **Principe et intérêt**

Décrit en 1969 par William Van Herick lui-même, le test de Van Herick est une méthode biomicroscopique simple, rapide, et non-contact d'évaluation de la profondeur de la CA en périphérie qui permet une estimation du risque de fermeture de l'AIC.

- **Technique**

La fente lumineuse est projetée perpendiculairement à la cornée périphérique, ce qui nécessite une rotation de 60° environ du bras de la projection lumineuse de la LAF par rapport à l'axe d'observation binoculaire. L'épaisseur de la cornée à ce niveau est utilisée comme unité de mesure permettant d'évaluer la profondeur limbique de la CA (PLCA). Le test consiste ainsi à comparer la distance entre l'endothélium cornéen et la face antérieure de l'iris (c'est-à-dire la PLCA) à l'épaisseur cornéenne, afin d'estimer l'ouverture de l'AIC [21].

- **Interprétation et Classification**

Elle se fera selon le tableau ci-après :

Tableau I : classification de Van Herick [21]

Grades de la classification de Van Herick	PLCA	Interprétation
Grade 1	≤25% de l'EC	Risque élevé de fermeture de l'AIC
Grade 2	>25% et <50% de l'EC	Risque de fermeture de l'AIC
Grade 3	≥50% et <100% de l'EC	Pas de risque de fermeture de l'AIC
Grade 4	≥100% de l'EC	Pas de risque de fermeture de l'AIC

Le signe de Van Herick est donc une méthode simple, rapide et reproductible d'évaluation du risque potentiel de fermeture de l'AIC, mais ne peut en aucun cas dispenser de la réalisation d'une gonioscopie ou d'un examen d'imagerie de l'AIC. Rapide et non invasif, il est très utile au dépistage des angles suspects ou à risque de fermeture, et ne doit pas être réservé seulement aux patients hypertones ou glaucomateux.



Figure 12 : technique biomicroscopique de réalisation du test de Van Herick chez un patient présentant un angle iridocornéen étroit [21]

- **Biomicroscopie des autres éléments cliniques du SA**

- **Examen de la cornée**

Il peut mettre en évidence des déficits épithéliaux retrouvés surtout dans les atteintes toxiques médicamenteuses, et est aussi très utile au diagnostic étiologique des glaucomes secondaires.

- **Examen de l'iris**

Il est réalisé avant toute dilatation pupillaire, est systématique, avec surtout l'analyse du plan irien, de la forme et de la taille de la pupille. Il faut également rechercher des signes évocateurs d'une atteinte pouvant entraîner un glaucome secondaire tels que des nodules iriens, des synéchies iridocristalliniennes, un ectropion uvéal, des néovaisseaux, des zones d'atrophie, une correctopie, etc [33].

- **Examen du cristallin**

L'examen de la taille, de la forme, et de la transparence du cristallin fait partir de l'examen de tout patient glaucomateux, réalise le plus souvent après dilatation pupillaire. On recherchera la présence d'une cataracte dont le type précis doit être noté, de dépôts pseudo exfoliatifs ou d'un phakodonésis [33].

➤ **Gonioscopie**

Elle doit être réalisée chez tout patient atteint ou suspect de glaucome même si la CA n'est pas étroite. Elle est essentielle non seulement pour le diagnostic du glaucome mais également au cours du suivi pour dépister une éventuelle fermeture progressive associée de l'AIC. Seule la gonioscopie avec indentation permet de différencier apposition iridotrabéculaire et synéchies antérieures périphériques. Elle permet l'étude de l'AIC [33].

L'AIC est examiné le plus souvent à la LAF, en position assise, avec un verre contact (gonioscopie indirecte). Bien que le verre de Goldmann soit le plus souvent utilisé, il convient de connaître la technique de gonioscopie dynamique, car une des parois de l'angle, l'iris est mobile et doit donc être examiné de façon le plus anatomique qui soit.

Le but de la gonioscopie est de déterminer la topographie de l'AIC de la CA de l'œil. Elle est fondée sur la reconnaissance des structures de l'angle et doit être toujours considérée suivant :

- le niveau d'insertion de l'iris (réel et apparent) ;
- la forme de la périphérie de l'iris ;
- l'estimation de l'ouverture de l'angle ;
- l'intensité de la pigmentation trabéculaire ;
- l'existence de zones d'apposition iridotrabéculaire ou de synéchies.

▪ **Verres de gonioscopie**

Deux techniques gonioscopiques essentielles permettent d'évaluer l'AIC : les gonioscopies directe et indirecte.

• **La gonioscopie directe**

L'utilisation d'un gonioscope de contact permet un examen direct et panoramique de l'angle, le rayon lumineux passant directement à travers la cornée afin de visualiser l'angle. Dans cette technique, le patient doit être allongé. Elle est donc le plus souvent utilisée lors d'un examen sous AG (enfant). L'agrandissement de l'image est bon, l'orientation est facile pour l'examineur et la comparaison des deux yeux est possible simultanément. Il faudra cependant utilisé la LAF (portable si besoin).

Les principales lentilles utilisées sont : le verre de Koeppé avec nécessité d'un produit visqueux de contact, le verre de Layden adapté pour l'enfant avec nécessité d'un produit visqueux de contact et le verre de Worst [21].

• **La gonioscopie indirecte**

La visualisation de l'angle se fait à travers un miroir s'intégrant dans un verre de contact. Le patient doit être installé à la LAF et l'observation de l'AIC est indirecte. La réalisation de la gonioscopie est rapide lors d'un examen ophtalmologique classique, et le verre central permet par ailleurs d'observer le fond d'œil. Cependant, les deux yeux ne peuvent être examinés simultanément [21].

Les principales lentilles sont : le verre de Goldmann de 1 à 4 miroirs avec nécessité d'un produit visqueux de contact, le verre à 4 miroirs de Posner, Zeiss ou Sussman où il n'y'a

pas la nécessité d'un produit visqueux et le verre CGA de Lasey avec nécessité d'un produit visqueux de contact.

En pratique, les deux principales lentilles utilisées sont : les verres de Goldmann et Posner.

- **Verre de Goldmann** : les verres de Goldmann sont en verre ou le plus souvent en plastique, dans lequel le miroir à gonioscopie est incliné de 62° sur la face antérieure plane. Il existe des verres de Goldmann à un miroir (verre de gonioscopie) ou à 3 miroirs, dont le plus petit est le miroir de gonioscopie incliné à 59° . La zone de contact avec la cornée à un diamètre de 12 mm et recouvre donc entièrement la cornée. Sa courbure postérieure est de 7,4 mm : elle crée donc un vide (le rayon de courbure cornéen est de 7,8 mm) que l'on doit remplir avec une solution visqueuse. Bien que le verre de Goldmann n'exerce aucune pression sur la cornée, le vide créé peut entraîner un effet de succion, notamment au niveau du limbe iridocornéen, et modifie l'aspect de l'AIC [21].
- **Verre de Posner** : ce verre à 4 miroirs avec un rayon de courbure de 7,7 mm permet une application sur la cornée sans interposition de liquide. La taille du segment du verre rentrant en contact avec la cornée (9 mm) fait qu'il ne recouvre pas complètement celle-ci, expliquant également l'absence d'effet de succion. Les avantages sont la visibilité de l'AIC avec un minimum de rotation du verre et, surtout la possibilité de réaliser une gonioscopie avec indentation ou gonioscopie dynamique [21].



Figure 13 : verre à trois miroirs pour la gonioscopie statique uniquement (à gauche) et verre de Posner pour la gonioscopie dynamique et statique (à droite) [21]

▪ Techniques d'examen

Le verre est posé après instillation d'une goutte d'anesthésique (oxybuprocaine le plus souvent). La paupière inférieure est légèrement abaissée, puis la partie supérieure du verre est mise en contact avec l'œil et, avec une légère rotation du poignet, la partie inférieure du verre est alors appliqué sur la cornée en prenant soin de ne pas appuyer sur l'œil pour éviter de

fausser le repérage anatomique. Il ne faut pas utiliser une lumière trop forte afin de ne pas induire un myosis qui peut modifier également les structures angulaires. Pour les mêmes raisons, on réduira la hauteur de la fente lumineuse pour éviter qu'elle se projette dans l'orifice pupillaire. Il est préférable de commencer par l'angle supérieur qui est plus étroit, puis de poursuivre l'examen de façon systématique, quadrant par quadrant.

Dans tous les cas, il faut garder la face antérieure du verre verticale, c'est-à-dire perpendiculaire à l'axe d'observation afin de ne pas modifier artificiellement les rapports anatomiques, car les différentes positions du regard peuvent modifier l'angle de visualisation et fausser le repérage anatomique [21].

- **La gonioscopie sans indentation**

Avec un verre de Goldmann, de façon systématique à chaque examen, il est préférable d'observer d'abord l'angle supérieur qui peut apparaître plus étroit, puis d'examiner les autres parties de l'angle. Il faudra garder la face antérieure verticale, perpendiculaire à l'axe d'observation, afin de ne pas modifier artificiellement les rapports anatomiques. Les 4 quadrants doivent être examinés en combinant les mouvements de la LAF et les rotations du verre. Si l'angle est étroit, on pourra s'aider des mouvements du GO vers le miroir qui visualise la portion de l'angle [21].

- **La gonioscopie dynamique avec indentation**

Pour cette technique, le miroir utilisé est un miroir à 4 faces dont la face postérieure à un rayon de courbure de 7,7 mm. Une pression délicate, appliquée sur ce verre au centre de la cornée, permet à l'HA d'être refoulée. Lorsque l'iris est en contact avec le trabéculum, l'angle peut être « réouvert » (fermeture de l'angle par apposition iridotrabéculaire). S'il existe une adhérence entre iris et trabéculum (synéchies antérieures périphériques), cette portion de l'angle reste fermée [21].

Cette indentation peut également être réalisée dans un des quadrants pour dégager et examiner les structures angulaires situées à 180°. Elle est surtout utile :

- en cas de convexité de l'iris, en permettant de visualiser les structures angulaires non visibles en position anatomique.
- lorsque les variations anatomiques rendent l'identification des différentes structures angulaires difficile, ce qui est en fait très fréquent : largeur de la bande ciliaire, visibilité de l'anneau de Schwalbe, degré de pigmentation du trabéculum, existence d'une ligne de Sampaolesi.

La gonioscopie avec indentation doit être systématiquement réalisée au moindre doute sur l'ouverture de l'AIC.

Le principal piège de cette technique est lié à la mobilisation éventuelle du globe par rapport au miroir. En effet, si le patient regarde en direction du miroir, l'angle aigu ainsi créé entre le trabéculum et le rayon incident rend l'angle artificiellement plus étroit. Il faut donc essayer, tout au long de l'examen, de maintenir la position du verre la plus perpendiculaire possible.

Le second piège est lié à la pression que l'on peut exercer sur le verre : elle va indenter le GO, chasser l'HA du centre vers la périphérie, vers l'AIC et donc l'ouvrir. Ce phénomène s'observe lorsqu'on utilise un verre dont le diamètre est inférieure à celui de la cornée (petit verre de Goldmann, verre de Zeiss ou de Posner). Cet effet mécanique est parfois rechercher volontairement au cours de l'examen : c'est la gonioscopie avec indentation ou gonioscopie dynamique. Lorsqu'on utilise un verre de diamètre plus large (verre de Goldmann classique), l'indentation peut également être transmise mais en périphérie, et rendre alors au contraire l'angle plus étroit [21].

Dans certains cas de GPAO à angle étroit, notamment en cas de configuration d'iris plateau, la concavité irienne ne peut être obtenue lors de l'indentation, témoignant ainsi d'un déplacement antérieur du CC (aspect en double bosse de l'iris). Lorsque le cristallin entre dans le mécanisme de fermeture, l'indentation entraîne simplement des petits mouvements postérieurs de l'iris qui garde son profil convexe [21].

La gonioscopie avec indentation est la seule technique qui permet de faire le diagnostic différentiel entre une fermeture par synéchies et une fermeture par apposition iridotrabéculaire, avec une incidence thérapeutique. En effet, les examens de l'angle à l'aide d'appareils tels que l'OCT du SA ou la BMU autorisent l'analyse de la dynamique de l'angle suivant l'illumination, mais pas souvent la technique d'indentation [21].

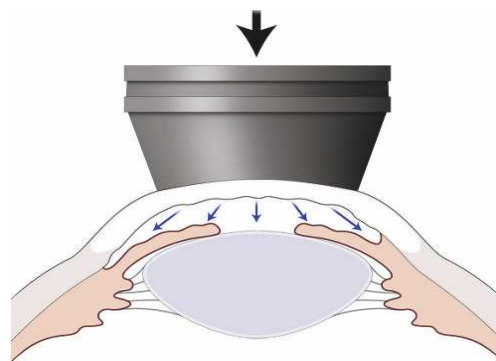


Figure 14 : effets de la gonioscopie dynamique : l'angle s'ouvre à gauche (simple apposition) ; l'angle est synéchié à droite [21]

▪ **Degré de fermeture de l'angle : classification**

Nous retiendrons 3 principales classifications

• **Classification de Schaffer-Etienne [21]**

- 0 : angle fermé. Aucune structure n'est visible, y compris l'anneau de Schwalbe caché par l'iris qui est en contact avec la cornée.
- 1 : angle fermé. Anneau de Schwalbe visible. On devine la partie antérieure non fonctionnelle du trabéculum (degré d'ouverture de l'AIC d'environ 10°).
- 2 : angle ouvert, 1/3 postérieur fonctionnel du trabéculum visible, éperon scléral non visible. Fermeture possible (degré d'ouverture de l'AIC d'environ 20°).
- 3 : éperon scléral visible. Fermeture de l'AIC impossible (degré d'ouverture de l'AIC de 20 à 30°).
- 4 : toutes les structures sont visibles jusqu'à la bande ciliaire. Fermeture impossible (degré d'ouverture de l'AIC de 30 à 45°).

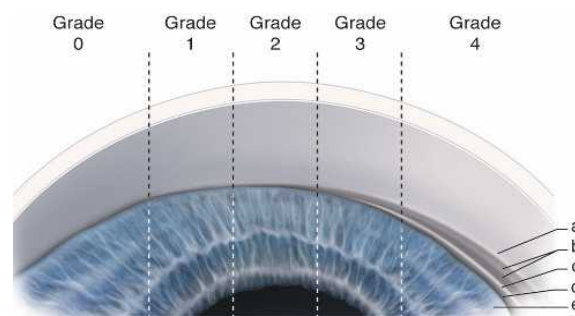


Figure 15 : classification du degré d'ouverture de l'angle iridocornéen de Schaffer. a. Anneau de Schwalbe. b. Trabéculum pigmenté et non pigmenté. c. Éperon scléral. d. Bande ciliaire. e. Base de l'iris [21]

• **Classification de Spaeth [21]**

Elle est fondée sur trois critères : appréciation du degré d'ouverture de l'angle en degrés (entre cornée et iris), courbure de l'iris en périphérie et site d'insertion de l'iris.

La fermeture de l'AIC est impossible entre 20 et 45°, possible entre 10 et 20°, et probable en dessous de 10°.

Cette classification est le plus souvent utilisée en gonioscopie dynamique (verre de Posner ou de Zeiss). Elle a été légèrement modifiée afin de mieux définir la courbure de l'iris. Celle-ci était en effet décrite sur trois possibilités, comme l'indique la figure 15 :

- plane ou régulière (« r » pour regular) ;
- convexe (« s » pour steep) ou iris bombé ;

- concave (« q » pour queer).

Cette classification ne prenant pas en compte la configuration d'iris plateau, elle a été modifiée en :

- plane ou « f » ou flat ;
- concave ou « c » ;
- convexe, courbe ou « b » (pour bowed) ;
- configuration d'iris plateau ou « p » pour plateau.

Ainsi, la cotation de l'angle peut être notée avec un chiffre pour le degré d'ouverture, une lettre minuscule pour la configuration de l'iris (f, c, b ou p) et une lettre majuscule (de A à E) pour le niveau d'insertion de l'iris [21].

Spaeth a également introduit une graduation de la pigmentation de la partie postérieure du trabéculum à 12 heures suivant une échelle de 0 à 4+. Enfin, il est également possible de noter, suivant l'indentation, l'insertion de l'iris visible en indiquant entre parenthèses l'insertion avec indentation. Ainsi, si l'indentation fait passer la visualisation de l'insertion de l'iris de C à D, il sera noté : (C)D.

L'examen de l'AIC est essentiel pour appréhender les différents types de sujets à risque. Il nécessite une technique rigoureuse et une connaissance parfaite de l'anatomie pour éviter de tomber dans de nombreux pièges.

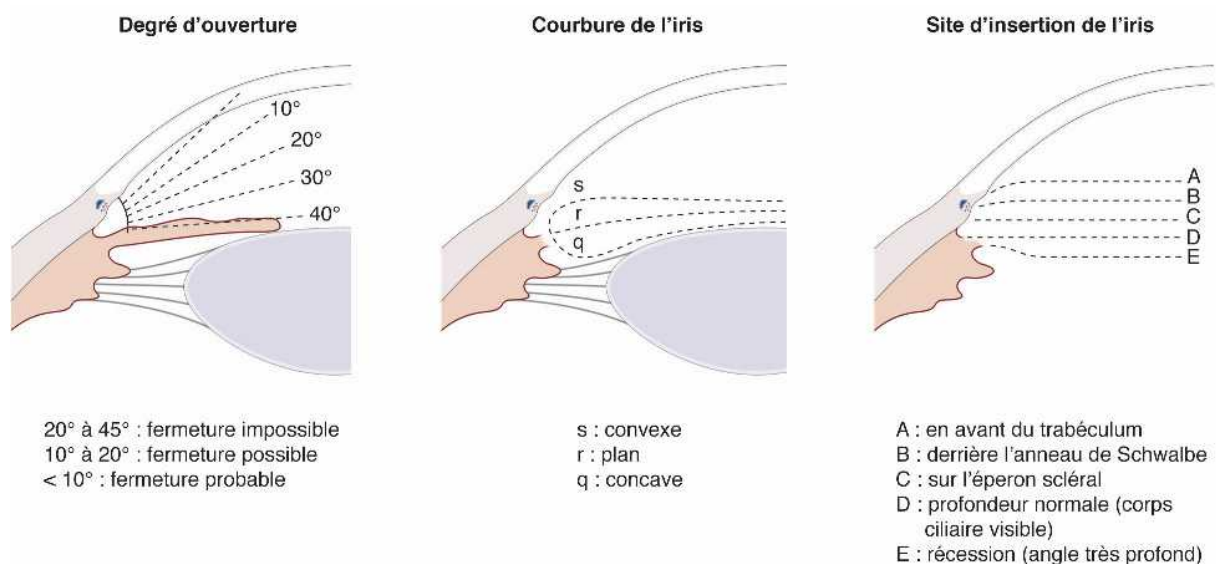


Figure 16 : classification du degré d'ouverture de l'angle iridocornéen selon Spaeth [21]

➤ **Biomicroscopie de la papille et des FNR**

▪ **Méthodes d'examen biomicroscopique du FO**

Il se fait après toute dilatation pupillaire (après vérification de l'ouverture de l'AIC) pour avoir une bonne vision binoculaire, bien que cela ne soit pas indispensable à un observateur exercé.

Trois méthodes permettent d'examiner le pôle postérieur dans ces conditions optimales :

- **Examen du FO direct à la LAF :** la technique la plus utilisée est celle de la pose d'un verre de contact sur le GO, soit un verre à 3 miroirs de Goldmann (+64,5 dioptries), soit un verre de contact (+78 dioptries, +90 dioptries, etc) après avoir anesthésié la cornée et rempli la convexité du verre d'un gel. Il permet dans le cadre du glaucome, de faire dans le même temps une gonioscopie si le verre est équipé d'un miroir ad hoc [21].
- **Examen du FO indirect à la LAF :** ici, l'image du FO est renversée. Il se fait à l'aide d'un verre non contact, type lentille de Volk. Le verre est tenu à environ 8 mm de la cornée. Il en est de très nombreux et de différentes puissances : celui de 78 dioptries donne une image plus grande de la papille qu'un verre de 90 dioptries, avec une magnification assez proche de celui du verre de Goldmann à 3 miroirs [21].
- **Examen du FO indirect avec système de lunette binoculaire et d'éclairage frontal de Scheppens :** très diffuse dans les pays anglo-saxons. Cette méthode nécessite une solide expérience pour être aisément pratique. La source lumineuse est dirigée sur l'œil du patient à l'aide d'un miroir mobile et la lumière réfléchiée est recueillie par une lentille convergente (de +20 dioptries ou +28 dioptries généralement, donnant donc une image inversée du FO) [21].

• **Mesurer le diamètre du disque optique**

Avant toute analyse de la tête du NO, il est essentiel de connaître même approximativement son diamètre : en particulier, en l'absence de ce paramètre, la valeur du rapport excavation/tête du no (rapport cup/disc des anglo-saxons ou C/D) n'a aucune valeur diagnostique.

Un petit NO glaucomateux ne développera une excavation observable qu'à un stade tardif de la maladie et, à l'inverse, une grande papille peut parfaitement être le siège d'une excavation de 7, voire 8/10, strictement physiologique [21].

○ **Techniques de mesure**

Le diamètre du disque optique peut être mesuré avec une relative précision à l'aide de la plupart des LAF, que ce soit la technique d'observation indirecte avec un verre de type de Volk ou par l'observation directe avec un verre de contact. La fente lumineuse est projetée verticalement à côté de la papille (les limites de la fente sont plus difficiles à observer si cette projection est faite sur la papille elle-même) et ajustée à la hauteur de la papille grâce à la molette du vernier permettant d'allonger ou de raccourcir cette fente. La hauteur en millimètres et dixièmes de millimètre se lit sur le vernier habituellement situé au-dessus de la molette [21].

Seul le canal scléral doit être considéré comme limite de la papille, en excluant les zones d'atrophie péripapillaire qui fausseraient la mesure.



Figure 17 : la molette permet de régler la hauteur de la fente lumineuse (a), et le vernier indique cette hauteur en millimètres et dixièmes de millimètre (ici 1,75 mm) (b) [21]

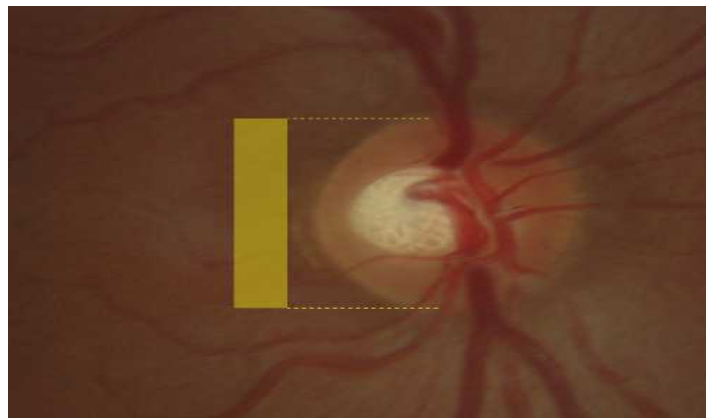


Figure 18 : la hauteur de la fente lumineuse, placée latéralement, est ajustée à la hauteur de la papille : le vernier indique une hauteur de 2,0 mm [21]

- **Correctif à apporter**

Il faut corriger cette valeur lue sur le vernier d'un coefficient de magnification (inverse du facteur de multiplication) dépendant à la fois de la puissance et du matériau du verre utilisé et, plus théoriquement, de la distance verre-cornée.

Attention : les fortes amétropies peuvent induire des erreurs dans ces mesures, qui ne sont applicables avec fiabilité qu'entre -8 et +8 dioptries. Ces coefficients ou facteurs de multiplication sont présentés dans le tableau 2. Ils varient parfois pour un verre donné suivant le matériau, le fabricant et les auteurs [21].

Tableau II : facteurs de multiplication à appliquer selon la lentille d'examen

Verre V3M de Goldmann	1,14 à 1,27
Verre V4M de Zeiss	0,98
Verre de Volk de 60 dioptries	0,88 à 1,00
Verre de Volk de 78 dioptries	1,11 à 1,16
Verre de Volk de 90 dioptries	1,33 à 1,39
Verre de Volk Superfield	1,50
Verre Nikon de 60 dioptries	1,02 à 1,03
Verre Nikon de 90 dioptries	1,54 à 1,63

○ **Petite, moyenne ou grande papille ?**

La taille de la papille est très variable d'un individu à l'autre. Selon l'étude de Jonas et Gusek, le diamètre vertical moyen est de $1,92 \pm 0,29$ mm et le diamètre horizontal moyen de $1,76 \pm 0,31$ mm pour des sujets normaux.

Peuvent donc être considérées comme une petite papille, les yeux dont le diamètre vertical est \leq à 1,5 mm, et grande papille, les yeux dont le diamètre vertical est \geq à 2,2 mm [21].

● **Observer la papille et l'excavation**

○ **Évaluer le rapport C/D**

Un C/D horizontal comme vertical peut être évalué, mais puisque l'excavation glaucomateuse progresse plus verticalement qu'horizontalement, seul le C/D vertical doit être retenu en pratique. Les excavations en pente douce rendent plus approximative cette évaluation. De la même façon que le diamètre de la papille, le diamètre de l'excavation peut être mesuré à la LAF si l'on souhaite connaître avec précision la valeur de ce rapport, et il est évidemment inutile alors de faire intervenir le facteur de multiplication, commun au disque et à l'excavation [21].

Un moyen simple d'évaluation biomicroscopique du C/D consiste à partager mentalement la papille en deux moitiés verticales, soit deux fois 5/10, et de compter sur la moitié supérieure puis la moitié inférieure le nombre de cinquièmes d'excavation avant de les additionner (**Figure 19**).

Cela dit, la valeur du C/D n'a en soi aucune valeur diagnostique, et un rapport de 8/10 peut parfaitement ne pas être physiologique si la papille est de grande taille. Elle peut être aussi très approximative dans les excavations en pente douce et/ou peu profonde [21].

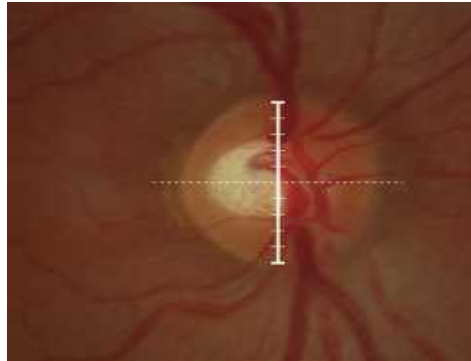


Figure 19 : règle des cinquièmes appliquée à la même papille : 2,5 cinquièmes en haut et 2 cinquièmes en bas d'excavation font 4,5/10 (0,45) de rapport C/D [21]

- **Déduire la surface de l'ANR**

Connaissant la hauteur de la papille et le rapport C/D, pour peu que l'excavation et la papille soient assez rondes (ou en faisant la moyenne du diamètre horizontal et du diamètre vertical), la surface de l'ANR pourrait être calculée. Ce calcul risque toutefois d'être peu précis puisque les deux variables de la formule sont d'une part une mesure approximative en dixièmes de millimètre (celui du diamètre vertical pupillaire, alors que la papille est rarement ronde), d'autre part une évaluation finalement assez subjective (celle du rapport C/D) [21].

- **Examiner l'excavation**

La forme de l'excavation, dont on verra plus loin qu'elle est généralement plutôt ovale et à grand axe vertical dans le glaucome, doit en réalité être comparée à la forme de la papille elle-même, et il est habituel qu'une papille très allongée verticalement soit le siège d'une excavation elle-même à grand axe constitutionnellement vertical (**Figure 20**).

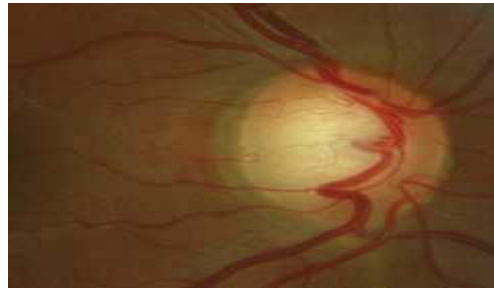


Figure 20 : grande papille, de 2,7 mm de diamètre vertical, très allongée verticalement, avec une excavation constitutionnelle à grand axe vertical de 7/10 [21]

Cette excavation peut physiologiquement être plus ou moins profonde, sans que son importance ait une valeur diagnostique. La lame criblée est d'autant plus visible que cette profondeur est marquée et que l'excavation est grande. Lorsqu'elle est ainsi bien exposée, ses perforations sont habituellement un peu plus larges et visibles en haut et en bas qu'en temporal, mais elles restent relativement petites et rondes chez le sujet normal comparativement au sujet glaucomateux [21].

○ **Examiner l'ANR**

L'observation de la largeur de l'ANR et de la régularité de son versant interne est essentielle et doit se faire sur 360°. Lorsque la papille n'est pas dysmorphique (micropapille, dysversion, myopie forte, drusen), la règle mnémotechnique ISNT (inférieur, supérieur, nasal, temporal) s'applique habituellement aux papilles qui présentent une excavation physiologique : l'ANR est plus large en inférieur qu'en supérieur qu'en nasal qu'enfin en temporal (**Figures 21 et 22**). La visibilité des capillaires qui le recouvrent est également évaluée [21].

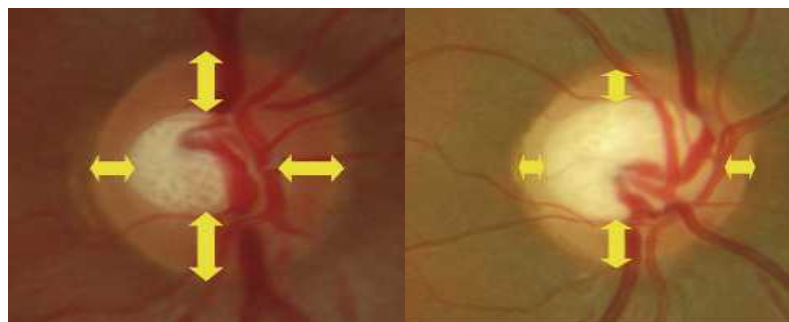


Figure 21 : la règle ISNT est respectée dans ces deux cas de papilles excavées physiologiquement : (a) à 0,45 (papille de la fig. 9-33) et (b) à 0,7 [21]

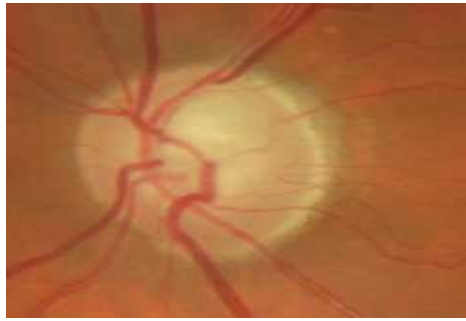


Figure 22 : règle ISNT non respectée. Si l'ANR est plus mince en supérieur qu'en inférieur, il l'est aussi plus qu'en nasal et qu'en temporal [21]

- **Repérer l'anneau scléral**

L'anneau scléral marque la limite de la papille et est recouvert par les FNR à leur entrée dans le NO. Il est donc habituel, lorsque ce contingent n'est pas diminué par le glaucome, qu'il soit mal visible à l'examen biomicroscopique. Il suffit pour s'en convaincre de revoir la **Figure 21** des papilles non glaucomateuses, et la **Figure 22** d'une papille glaucomateuse : dans ce cliché, l'anneau scléral est clairement identique, plus d'ailleurs en temporal qu'en nasal, là où les FNR disparaissent d'abord chronologiquement. Dans les petites papilles, les FNR sont particulièrement ramassées à l'entrée dans le NO, et la canal scléral est alors impossible à repérer [21].

- **Repérer un éventuel vaisseau circum-linéaire**

Il s'agit d'un vaisseau inconstant, presque toujours une artère, longeant très précisément le rebord interne de l'ANR, en haut ou en bas (parfois au nombre de deux, l'un en haut et l'autre en bas). Il s'observe dans les larges excavations physiologiques (**Figure 23**). C'est un élément précieux de repérage et de surveillance biomicroscopique de l'évolution de l'épaisseur de l'ANR, dont il abandonne le bord interne pour se retrouver dans l'excavation lorsque celle-ci progresse dans le glaucome (« exclusion du vaisseau circum-linéaire »)



Figure 23 : vaisseau circum-linéaire longeant le bord interne et inférieur de l'ANR, dans une papille avec une large excavation physiologique [14]

- **Comparer œil droit et œil gauche**

Dans 90% des cas, le diamètre de la papille est identique pour les deux yeux d'un même individu (**Figure 24**). Une asymétrie de cette taille entraîne habituellement une asymétrie de l'excavation, plus grande dans la plus grande papille (**Figure 25**). Là encore, la connaissance du diamètre papillaire mesurée pour chaque œil est un élément précieux pour évaluer, dans une première approche, le caractère de l'excavation papillaire [21].

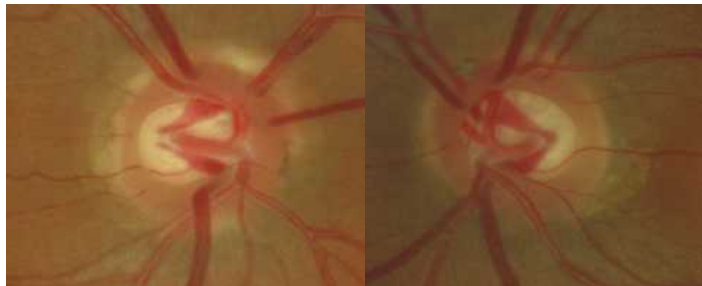


Figure 24 : symétrie du diamètre papillaire (2,1 mm OD/OG) et symétrie des excavations [21]

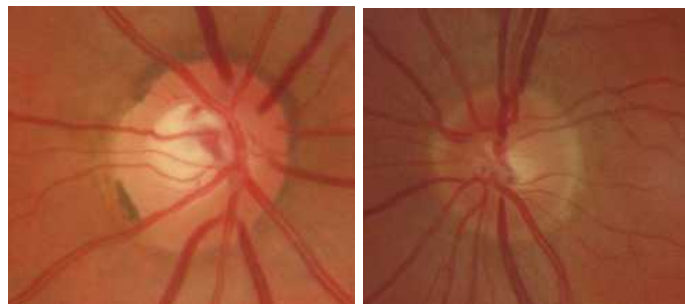


Figure 25 : asymétrie du diamètre papillaire (2,3 mm OD ; 1,9 mm OG) avec asymétrie innée des excavations physiologiques (5/10 OD ; 2/10 OG) [21]

- **Rechercher le caractère héréditaire**

Il est reconnu que la taille de la papille est un trait héréditaire. Si l'examineur a la possibilité d'observer et de mesurer les papilles d'un parent, celles-ci peuvent ainsi présenter grossièrement les mêmes caractéristiques de taille que celles du patient. Un faux diagnostic de glaucome pourrait être porté, par exemple, sur la conjonction d'une large excavation chez le patient et de la déclaration d'un glaucome chez sa mère...alors que cette dernière n'avait en réalité qu'une large excavation physiologique considérée comme glaucomateuse [21].

- **Évaluer l'atrophie péripapillaire**

Les zones α et β de l'atrophie chorioretinienne péripapillaire, qui peuvent exister aussi bien chez les sujets sains que glaucomateux, ont été largement décrites. La zone α très fréquente (80% de la population normale) est une zone de pigmentation-dépigmentation irrégulière ; interne à elle, contre le canal scléral, la zone β , plus rare (15 à 20% de la population normale), correspond à une atrophie de l'EP et de la choriocapillaire, avec une visualisation accrue des vaisseaux choroïdiens et de la sclère péripapillaire (**Figure 26**). Elles s'observent surtout dans le secteur temporal, mais parfois sur la totalité de la circonférence péripapillaire. La surface augmente avec l'âge en cas de glaucome. Leur fréquence et leur variabilité rendent toutefois leur analyse peu utile pour distinguer une papille normale d'une papille glaucomateuse, à fortiori dans un œil myope où elles sont quasi constantes [21].

L'OCT a permis d'individualiser encore 2 autres zones dans l'atrophie péripapillaire, non repérables biomicroscopiquement, essentiellement dans les globes très myopes, une zone γ située entre le bord temporal de la papille et le début de la membrane de Bruch et, au centre de celle-ci, une zone δ (delta) [21].

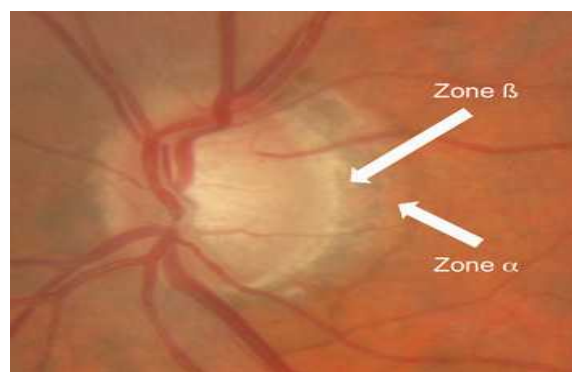


Figure 26 : atrophie péripapillaire, avec l'indication des zones α et β [21]

- **Observer les FNR**

Si la papille est clairement examinable, à l'examen biomicroscopique, les FNR et en conséquence, leurs déficits sont très difficilement identifiables avec l'utilisation d'une lumière blanche. En revanche, FNR et déficits sont parfois repérables en utilisant un filtre anérythre (en d'autres termes, éliminant le rouge) ou un filtre vert, car les faibles longueurs d'onde sont réfléchies par les couches superficielles de la rétine et ne pénètrent pas plus profondément (**Figure 27**). Cette visualisation nécessite toutefois une excellente transparence des milieux oculaires afin de bénéficier d'un fort contraste ; elle est impossible lorsque le FO est peu pigmenté et difficile chez le sujet jeune en raison de la forte réflectivité de la limitante interne [21].

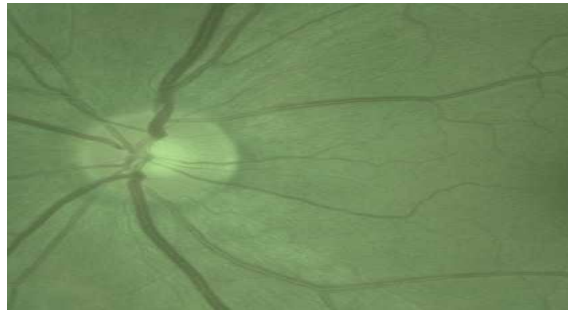


Figure 27 : observation d'un fond d'œil normal en lumière anérythre. Les FNR sont discrètement visibles en supérieur et en inférieur [21]

▪ **Rechercher des signes évocateurs de la neuropathie optique glaucomateuse**

De l'observation biomicroscopique découle souvent une première estimation de l'atteinte ou non de la tête du NO. Il faut considérer comme suspects :

- une excavation dans une petite papille ;
- une petite papille même non excavée, dès lors que d'autres éléments cliniques sont évocateurs de glaucome ;
- une asymétrie des excavations alors que le diamètre papillaire est le même d'un œil à l'autre ;
- le non-respect de la zone ISNT sur une papille non dysmorphique ;
- une encoche localisée de l'ANR, au pire sa rupture ;
- une exclusion d'un apparent vaisseau circum-linéaire ;
- une hémorragie papillaire ou péripapillaire ;
- un déficit localisé visible des FNR en lumière anérythre [21].

• **Dessiner le disque optique**

En l'absence des techniques photographiques, à fortiori d'analyseurs du disque optique, la réalisation d'un dessin précis de la papille est toujours utile pour suivre un patient glaucomateux ou susceptible de l'être [21].

Cela peut se faire à main levée sur une fiche d'observation (**Figure 28**), ou grâce à une tablette graphique reliée à un ordinateur.

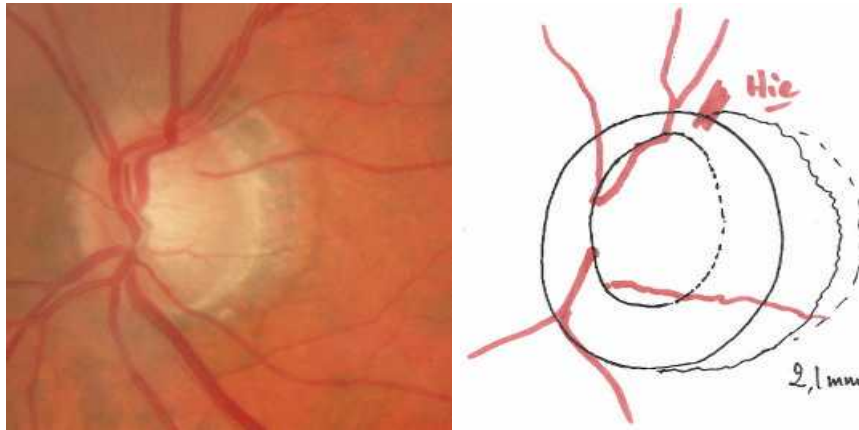


Figure 28 : dessin à main levée de la papille, indiquant en particulier l'hémorragie (Hie) papillaire en temporal supérieur, les vaisseaux pouvant servir de repérage ultérieur pour évaluer une éventuelle augmentation de l'excavation, et l'atrophie péripapillaire [21]

- **Difficultés d'interprétation**

Ce sont :

- le diamètre de la papille : lorsque l'observateur n'a pas pris soin de s'assurer que cette dimension n'est pas « hors normes » : les grandes papilles ont souvent de larges excavations qui peuvent être considérés comme glaucomeuses, et les petites papilles ne s'excavent que tardivement dans l'évolution du glaucome. Par ailleurs, certaines papilles ont tendance à peu se creuser, constitutionnellement ou pathologiquement, avec une excavation en pente très douce dont les limites sont difficilement identiques.
- les papilles en dysversion, avec des drusens et des globes fortement myopes représentent les plus grandes difficultés d'interprétation, car tous les autres tests actuellement disponibles peuvent aussi y être pris en défaut pour évaluer la présence concomitante d'une atteinte glaucomeuse [21].

d. Paraclinique

Deux principaux examens sont à la pointe dans le diagnostic du glaucome, et plus précisément dans celui du GPAO. Ce sont : le champ visuel et la tomographie par cohérence optique.

➤ **Analyse du champ visuel**

Nous retrouvons plusieurs types de champs visuels :

- la périmétrie automatisée standard ou périmétrie « blanc-blanc » : la périmétrie de Humphrey et la périmétrie Octopus ;
- la périmétrie automatisée bleu-jaune ;
- la périmétrie à doublage de fréquence (FDT-Matrix™) ;

- le Métrovision.

Un accent particulier sera mis sur la périmétrie Octopus et la périmétrie à doublage de fréquence (FDT-MatrixTM), pas encore disponible dans notre contexte mais utile dans le diagnostic du glaucome préperimétrique [21].

- **La périmétrie automatisée standard**

La périmétrie standard automatisée « blanc-blanc » est le principal examen fonctionnel dans le glaucome. Les principaux tests réalisés sont les tests de seuil des 30° ou 24° centraux et des 10° centraux. Des examens plus périphériques sont rarement nécessaires. Les stratégies SITA (Humphrey) et dynamique (Octopus) sont adaptées au glaucome. Les stratégies accélérées SITA-Fast et TOP ne doivent être utilisées qu'en complément, car trop rapides et sujettes à erreur. Un examen de la qualité de réalisation de la mesure est indispensable avant toute interprétation des résultats. Les indices globaux permettent une analyse de tendance, les plus importants étant le MD et le VFI [21].

- **Indications**

Dans le glaucome, la périmétrie cinétique manuelle ne conserve un intérêt que dans les cas où il est impossible de réaliser une périmétrie automatisée ; par exemple, chez l'enfant, lorsque des pathologies intriquées et complexes sont présentes ou lorsqu'il existe une perte du point de fixation.

Dans les glaucomes agoniques, il devient difficile de se fier à la périmétrie automatisée et l'analyse d'une vision résiduelle temporelle est évaluée au mieux par la périmétrie manuelle.

Des programmes de périmétrie cinétique automatique sont proposés par les appareils de Humphrey et d'Octopus. Leur principal intérêt est une étude rapide des régions au-delà des 30° centraux [21].

- **Principes**

La périmétrie automatisée standard (PAS) consiste à mesurer la sensibilité lumineuse différentielle de points repartis dans plusieurs régions du champ visuel. La sensibilité lumineuse différentielle correspond à la capacité de détecter un spot d'une luminosité donnée au sein d'un fond qui est lui-même illuminé. À l'évidence, pour que ce spot soit perceptible, il doit avoir une luminosité supérieure au fond. À partir d'un certain contraste de luminosité entre le spot et le fond, cette cible est perçue [21].

○ **Seuils de sensibilité lumineuse**

La luminosité des spots utilisés définit le type de test qui est pratiqué. Lorsque la luminosité des spots est modulée jusqu'à atteindre le seuil de sensibilité, on réalise un test de seuil. Une autre façon d'étudier le champ visuel consiste à estimer, pour un patient donné, quelle est la sensibilité lumineuse théorique de chaque point et à présenter des spots plus lumineux. Le test a alors pour objet de savoir si le sujet perçoit ces points plus lumineux. Ce dernier principe, utilisant des cibles supraliminaires, est à la base des tests de dépistage [21].

La luminosité de la cible et du fond est mesurée en unités de luminance appelées apostilbs (asb). Les spots proposés en PAS vont de 1 asb à plus de 10 000 asb. Les différents appareils expriment leurs résultats en décibels (dB). Par cette transformation mathématique, les points ayant une mauvaise sensibilité ont une valeur exprimée en décibels faible, et les points qui ne seraient pas perçus malgré une intensité lumineuse maximale sont exprimés par une valeur de 0 dB [21].

Les chiffres présentés sur les relevés périmétriques correspondent ainsi à des valeurs en décibels de la sensibilité de l'œil. L'analyse précise de ces points est importante.

○ **Algorithmes d'acquisition des seuils**

L'informatique intégrée dans les périmètres utilise une certaine logique (appelée algorithme) pour cerner les seuils de sensibilité. L'étude de chaque point du champ débute par la présentation d'un spot ayant une certaine luminance et supposé vu. L'algorithme 4-2 consiste à obtenir deux changements de réponse en débutant le test par des pas de 4 dB et en les réduisant à 2 dB dès que le premier changement de réponse est obtenu. Le seuil estimé est calculé par la moyenne entre les deux derniers. La stratégie appelée FASTPAC a été développée par Humphrey. Elle utilise des pas de 3 dB en ne traversant qu'une fois le seuil de sensibilité du sujet. En parallèle, Octopus a développé une stratégie dite « dynamique » utilisant des pas qui dépendent de la profondeur du déficit, les plus petits pas étant de 3 dB et les plus grands de 9 dB [21].

○ **Algorithmes spécifiques du glaucome, SITA et TOP**

Chaque affection ophtalmologique altère d'une façon relativement spécifique le champ visuel. Dans le glaucome, par exemple, les déficits ne coupent pas la ligne horizontale et partent ou se dirigent vers la tâche aveugle.

Humphrey a développé une stratégie spécifique au glaucome appelée SITA. Cette méthode consiste, pendant l'examen d'un sujet supposé glaucomateux, à comparer les résultats en cours d'acquisition à une importante base de données de patients ayant la même maladie. Cela permet de présenter aux nouvelles régions à tester des spots dont la luminosité

est cohérente avec un profil de glaucome. Grâce au SITA, le temps d'examen est en outre raccourci. On peut l'utiliser avec un algorithme usuel 4-2 (SITA-Standard) ou avec l'algorithme 3-3 (SITA-Fast). Ce dernier examen est particulièrement rapide [21].

En pratique, le SITA-Standard est conseillé. Le SITA-Fast peut être utilisé comme test de dépistage initial et, dans certains cas, pour le suivi chez les patients qui fatiguent rapidement à l'examen. Il faut en outre se rappeler que les programmes SITA ne sont théoriquement adaptés qu'à l'exploration du glaucome.

La stratégie TOP développée par Octopus permet aussi de mesurer les seuils de sensibilité en réduisant la durée de la mesure en évaluant certains seuils par interpolation des résultats de points adjacents. Cependant, la stratégie TOP, trop rapide, est à éviter chez la plupart des patients [21].

- **Réalisation pratique d'un examen**

La qualité d'un champ visuel repose à l'évidence avant tout sur la qualité du recueil des données. Si certaines erreurs de mesure peuvent être corrigées en cours d'examen, d'autres sont responsables de modifications des résultats indétectables sur les simples relevés périmétriques. De façon générale, il est donc souhaitable d'établir une « procédure » standardisée, écrite éventuellement, et de l'appliquer à tous les patients.

- **Verre correcteur**

Une correction de près est impérative pour l'évaluation de la vision centrale. La correction optimale de près doit être mise à l'intérieur des 30° centraux, en utilisant des verres cerclés de métal et en évitant les verres diaphragmés. Le verre utilisé dépendra de la correction de loin à laquelle viendra s'ajouter la correction de près en fonction de l'âge. Certains proposent d'augmenter la correction de près d'environ 0,5 dioptrie pour éviter tout effort d'accommodation pendant la durée de l'examen [21].

- **Explications proposées au patient**

Il faut bien expliquer au patient en quoi consiste l'examen, surtout lors d'une première mesure. Une explication formulée de façon toujours identique est souhaitable.

Avec l'appareil de Humphrey, l'examen doit commencer par l'évaluation du seuil fovéal. Pour cela quatre points sont allumés en dessous du point central, le patient devant fixer au centre de ces quatre points. Une fois le seuil fovéal évalué, il faut préciser au patient qu'un autre point, au-dessus des quatre points, s'est allumé, et que c'est uniquement ce dernier qu'il faut regarder pendant tout l'examen. Il est important de préciser au sujet qu'il est

normal de ne pas voir tous les stimuli. La plupart des spots étant à la limite de la visibilité, il n'est donc pas possible de tous les percevoir.

Il est souhaitable de rester à proximité du patient pendant la vérification de la fixation. L'appareil recherche en effet dans la première minute l'emplacement de la tache aveugle. Si, dans cette première minute, plusieurs pertes de fixation surviennent, il est à craindre que la tache aveugle ait été mal localisée et il est possible de la définir à nouveau en utilisant la fonction « Rechercher à nouveau la TA ».

Il est important de rassurer le patient et de lui conseiller de ne pas hésiter à cligner des paupières s'il en ressent le besoin. Des pauses régulières doivent être prévues au cours de l'examen en fonction de sa fatigabilité et de son attention.

- **Variations des résultats et causes d'erreurs**

- **Correction optique**

Une mauvaise correction peut perturber un champ visuel. L'absence de correction d'un astigmatisme supérieur à deux dioptries peut entraîner des scotomes périphériques temporaires. Une presbytie non corrigée est au contraire responsable d'un déficit diffus. La situation d'aphakie corrigée par verres est bien-sûr responsable d'un fort rétrécissement du champ évalué à 50 %. La pseudophakie peut aussi provoquer un rétrécissement du champ lorsque l'optique de l'implant est éloignée du centre de l'œil. Cela concerne surtout les implants de chambre antérieure résultant en une diminution du champ de l'ordre de 20 %. Les implants multifocaux sont responsables d'un trouble diffus, surtout lorsqu'un test mésopique est utilisé (Octopus) [21].

- **Pupille**

Une pupille de petite taille peut affecter le champ visuel à travers une réduction de la sensibilité lumineuse moyenne (effet Stiles-Crawford). En pratique, il est souhaitable de réaliser les tests avec une dilatation au moins égale à 3 mm. Dans le cas de patients ayant des instillations de myotiques au long cours, il faut en tenir compte dans l'interprétation des résultats et essayer de conserver un même diamètre pupillaire d'un test à l'autre. Si l'on est amené à prescrire des myotiques à un patient, on notera qu'une diminution de moitié du diamètre pupillaire entraîne en moyenne une baisse de sensibilité rétinienne de 2 à 3 dB [21].

- **Niveau de luminance de la coupole**

Le niveau de sensibilité lumineuse différentielle dépend de la luminance du fond. On considère souvent qu'une faible luminance permet de mettre en évidence certains déficits passant inaperçus sous une plus forte luminance. Ces variations de sensibilité en fonction du niveau d'adaptation à la lumière soulignent l'importance d'une calibration régulière des

appareils. La plupart des appareils disponibles (Humphrey, Octopus 1-2-3, etc.) ont une forte luminance (31,4 asb ou 10 cd/m^2), correspondant à celle du périmètre de Goldmann. Il faut cependant noter que l'Octopus 101 a une luminance de fond plus faible (4 asb). Le choix d'une coupole ayant une forte luminance a été dicté par le fait qu'il n'est pas nécessaire d'adapter l'œil à cette luminance avant de commencer le test [21].

○ **Durée de présentation des spots**

La sensibilité lumineuse différentielle dépend de la durée de présentation du spot. Elle augmente en fonction de cette durée en atteignant une limite vers 0,5 seconde (phénomène de sommation temporelle). En pratique, il ne faut cependant pas dépasser 0,25 seconde pour éviter que l'œil n'ait une tendance spontanée à se diriger vers le spot. En conséquence, la durée de présentation des spots est faible, 0,1 seconde pour l'Octopus et 0,2 seconde pour le Humphrey. Avec ces deux appareils, la durée de spots n'est pas modifiable.

○ **Taille des spots et leur localisation sur la rétine**

À l'évidence, plus un spot est grand, plus il est facilement perçu. Un large spot présente de plus l'avantage d'être peu sensible à une petite erreur de correction optique. Cependant, un spot trop grand ne permet pas de mettre en évidence des scotomes étroits. À l'opposé, un spot de petit diamètre permet de préciser correctement les scotomes débutants, mais est très sensible à un trouble de réfraction.

Le meilleur équilibre entre ces extrêmes est obtenu avec une source lumineuse de taille III (soit $0,43^\circ$ d'angle visuel). Cette taille est automatiquement choisie par les différents périmètres, à moins que l'opérateur n'en change volontairement. Une même taille de spot est donc nécessaire pour comparer deux champs.

Dans le glaucome, un scotome significatif peut en effet disparaître si un spot plus large est utilisé.

○ **Pertes de fixation**

Les pertes de fixation sont susceptibles de rendre ininterprétable un relevé du champ visuel. Ils sont la première cause de non-fiabilité. De façon générale, des pertes de fixation trop nombreuses ont tendance à sous-estimer les déficits. Il est donc fondamental de débiter toute analyse d'un champ par un regard sur le nombre de pertes de fixation. Un chiffre supérieur à 20 % rend difficile une interprétation fiable de l'examen.

○ **Effets d'apprentissage**

En périmétrie automatisée, il existe un important effet d'apprentissage, responsable d'une fréquente amélioration des performances lors d'un deuxième test. L'interprétation d'un

premier relevé du champ visuel doit donc être prudente et l'examen ne doit pas être conservé pour l'analyse du suivi de la progression, à moins qu'il ne soit parfaitement normal. L'amélioration liée au phénomène d'apprentissage est d'autant plus importante que l'on explore des régions plus périphériques. À l'opposé, lors d'un premier test, les 10° centraux sont souvent les plus fiables.

- **Présentation des résultats avec le périmètre Octopus**

- **Informations générales**

La partie supérieure du document comprend un certain nombre de renseignements sur le patient et sur le test réalisé. Parmi les données concernant le patient, seule la date de naissance est vraiment importante puisque les résultats statistiques dépendent de l'âge. Les précisions concernant la réfraction ou la taille de la pupille ont un intérêt pour s'assurer que le test a été fait de façon adéquate. La nature du test, ainsi que l'algorithme qui a été utilisé, sont précisés. Il est important de les analyser car certains programmes très rapides peuvent modifier les résultats.

- **Contrôle de qualité**

Dans la partie supérieure droite du graphique sont présentés les paramètres de contrôle de la qualité du test. Il s'agit des :

- fréquence de déplacement de l'axe visuel. Question = nombre de présentations. Répétitions = présentations ayant dû être refaites parce que l'axe de l'œil n'était pas droit ;
- questions pièges pos (pour positives) : lorsque le bras de l'appareil se déplace pour une nouvelle projection, il fait un certain bruit. Dans certains cas, il se déplace sans présenter de spot lumineux. Si le sujet appuie sur le bouton de réponse, il s'agit d'un faux positif ;
- questions pièges neg (pour négatives) : lorsque le seuil précis d'un point a été déterminé, l'appareil peut présenter à nouveau un spot nettement plus lumineux. Si le sujet ne perçoit pas ce spot, alors qu'il le devrait, il s'agit d'un faux négatif ;
- durée de l'examen (un peu plus haut dans la liste).

L'ensemble de ces éléments permet d'évaluer un indice de fiabilité présenté sur la dernière ligne de la page.

- **Présentation en niveaux de gris**

La présentation en niveaux de gris permet une lecture rapide du champ. Cependant, elle est relativement trompeuse car elle donne faussement l'impression que toutes les régions du champ ont été mesurées. En réalité, les points testés sont distants de plusieurs degrés,

comme le montrent les valeurs en décibels. Avec l'Octopus, les zones noires du niveau de gris indiquent un déficit profond, mais pas forcément absolu. Une présentation en couleurs est aussi possible, mais de peu d'intérêt.

- **Présentation en décibels**

Lorsqu'une mesure de seuil a été réalisée, la valeur de sensibilité lumineuse différentielle de chaque point testé est exprimée en décibels. Plus le chiffre est élevé, plus la sensibilité du point est grande. Cette présentation en décibels est la plus importante.

- **Présentation des déficits**

Les tests de seuil permettent une présentation des déficits. Les points sont considérés comme normaux lorsqu'ils ne s'éloignent pas de plus de 4 dB des valeurs prévues et sont exprimés par de petits « + ». Les déficits sont exprimés en décibels (par soustraction entre les valeurs normales et les valeurs du sujet). Dans cette présentation, plus le chiffre est élevé, plus le scotome est profond. Par exemple, un chiffre de 9 dB correspond à une dépression modérée, alors qu'une valeur de 25 dB signale un déficit profond.

- **Courbe de BEBIE**

La présentation du programme G1X sur Octopus 1-2-3 et G2 sur Octopus 101 propose une courbe intéressante : la courbe de Bebie. Les 59 points centraux dont le seuil a été testé sont repris et classés du plus performant au moins sensible après correction liée à l'âge. Ce classement est présenté en fonction du rang si bien que, dans tous les cas, la courbe a tendance à s'incliner en bas à droite. Les valeurs normales sont superposées avec les limites de confiance de 95 % de normalité [21].

Lorsqu'un résultat est normal, la courbe du patient (en gras) reste dans les limites de confiance. En cas de déficit diffus isolé, tous les points sont anormalement bas et la courbe du sujet est globalement située en dessous de la courbe normale. En cas de déficit localisé isolé, une partie des points est normale et les derniers points sont nettement anormaux. En cas de déficit diffus et localisé, la première partie de la courbe est en dessous de la norme mais parallèle à celle-ci, et la seconde présente une cassure. Il est donc ainsi relativement facile de suivre l'évolution globale des déficits diffus et localisés. S'il existe plus d'une région scotomateuse, cette analyse devient plus difficile.

- **Présentation des indices globaux**

Les différents indices globaux sont disponibles avec les programmes G1X/G2 (stratégie normale ou dynamique) et M2/ M2X. Le tableau proposant ces indices présente les valeurs normales (95 % des sujets normaux), puis les valeurs du sujet durant la phase 1 et la

phase 2, et enfin la moyenne des résultats des deux phases. Ces valeurs moyennes doivent être comparées aux valeurs normales pour estimer leur caractère pathologique.

Avec l'appareil d'Octopus, six indices globaux sont disponibles :

- **MS (mean sensitivity) ou sensibilité moyenne** : cet indice fait la moyenne des sensibilités lumineuses différentielles des différents points testés. Il a peu d'intérêt car il n'est pas corrélé à l'âge et moins précis que l'indice de déviation moyenne ;
- **MD (mean defect) ou perte moyenne** : le MD exprime le déficit moyen de sensibilité calculé sur l'ensemble du champ et corrélé à l'âge. Plus le MD est élevé, plus le déficit est important ;
- **LV (loss variance) ou variance de la perte** : perturbé en cas de déficit localisé. Plus le LV est élevé, plus le déficit est important ;
- **SF (short term fluctuation) ou fluctuation à court terme** : en pratique, l'ensemble des points sont mesurés une première fois (phase 1), puis une seconde fois (phase 2). Cette phase 2 reprend les mêmes points que la phase 1 et permet donc le calcul des fluctuations ;
- **CLV (corrected loss variance) ou variance de la perte corrigée** : cet indice correspond à l'indice de déviation individuelle corrigée de la fluctuation à court terme. Il n'est donc disponible que si les deux phases ont été menées à terme ;
- **indice de fiabilité (reliability index ou RF)** : il évalue la fiabilité à partir des valeurs de faux positifs et faux négatifs. N'étant pas étalonné, il a peu d'intérêt [21].

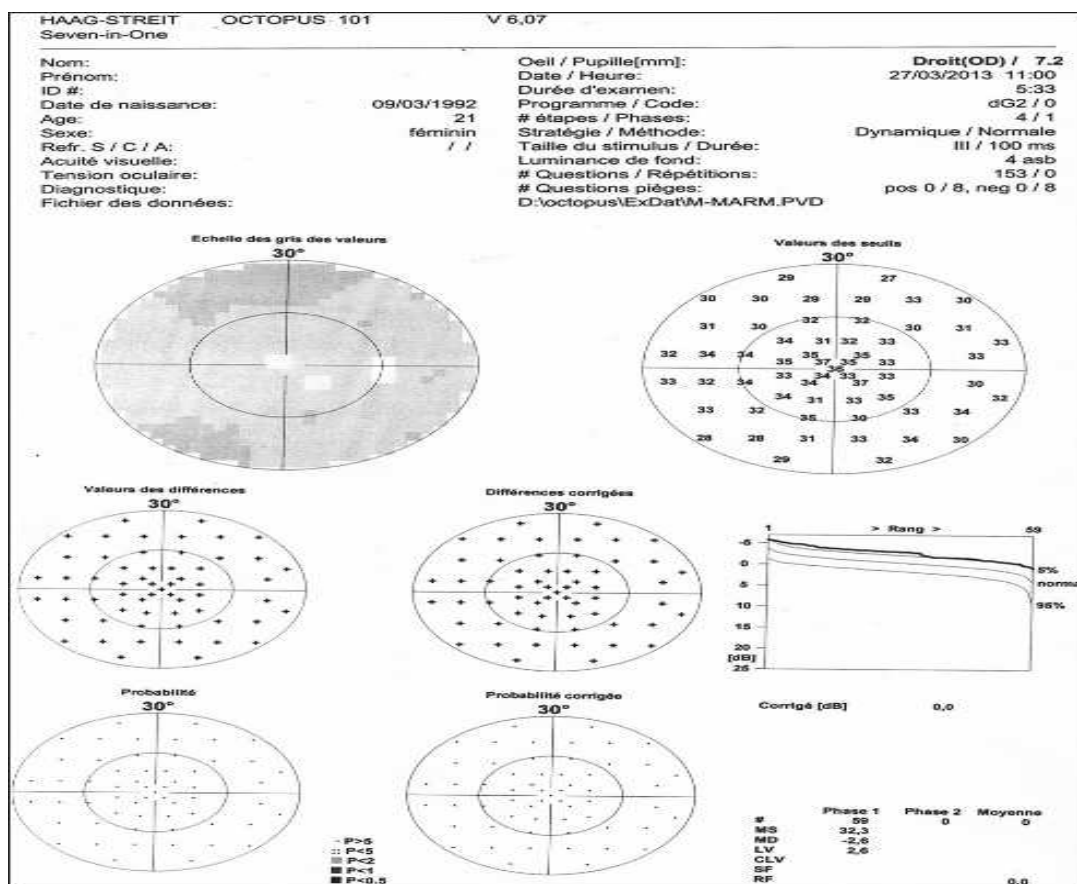


Figure 29 : périmétrie d'Octopus : test de seuil G2 [21]

▪ **La périmétrie à doublage de fréquence (FDT-Matrix™)**

La périmétrie à doublage de fréquence teste préférentiellement un sous-groupe de cellules ganglionnaires rétinienne de la voie magnocellulaire.

Leur disparition peut être détectée très précocement car elles ont une répartition dispersée et leurs champs récepteurs sont étendus avec très peu de chevauchement.

Le Matrix™ ne nécessite pas d'opérateur expérimenté. Les tests sont rapides et ressentis comme faciles par les patients.

Peu influencée par le degré de transparence des milieux intraoculaires, la périmétrie FDT est moins altérée en cas d'opacité ou de trouble des milieux.

Son indication la plus pertinente est la recherche des déficits glaucomeux précoces ou débutants chez le sujet porteur de facteurs de risque de glaucome et présentant une phakosclérose ou une cataracte débutante [21].

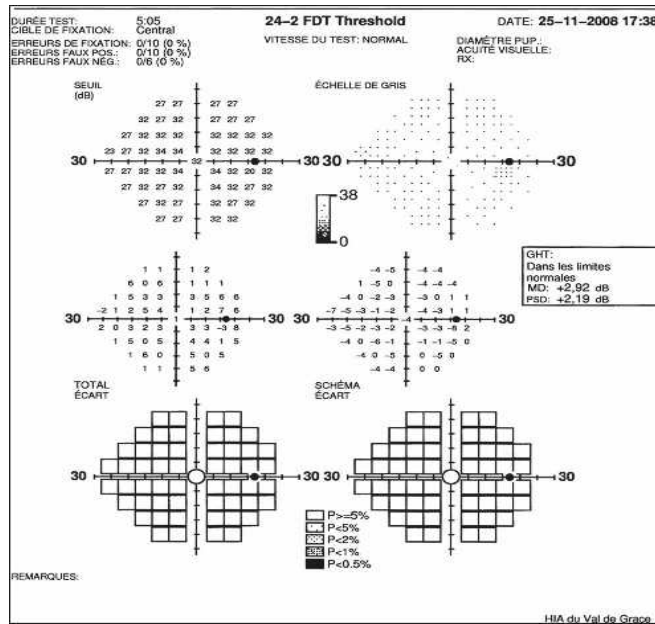


Figure 30 : relevé de MatrixTM chez un sujet normal [21]

Autres types de périmétrie

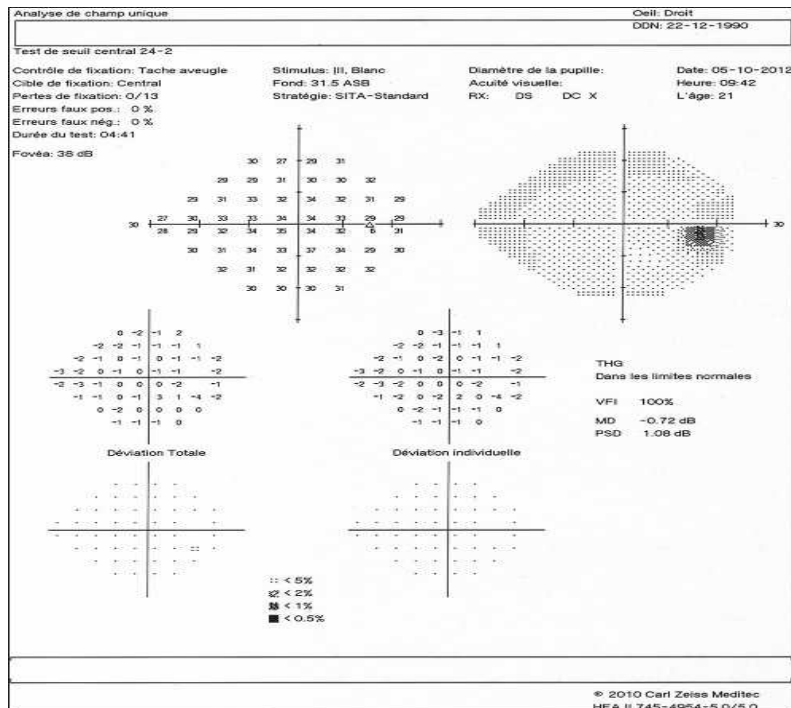


Figure 31 : périmétrie de Humphrey [21]

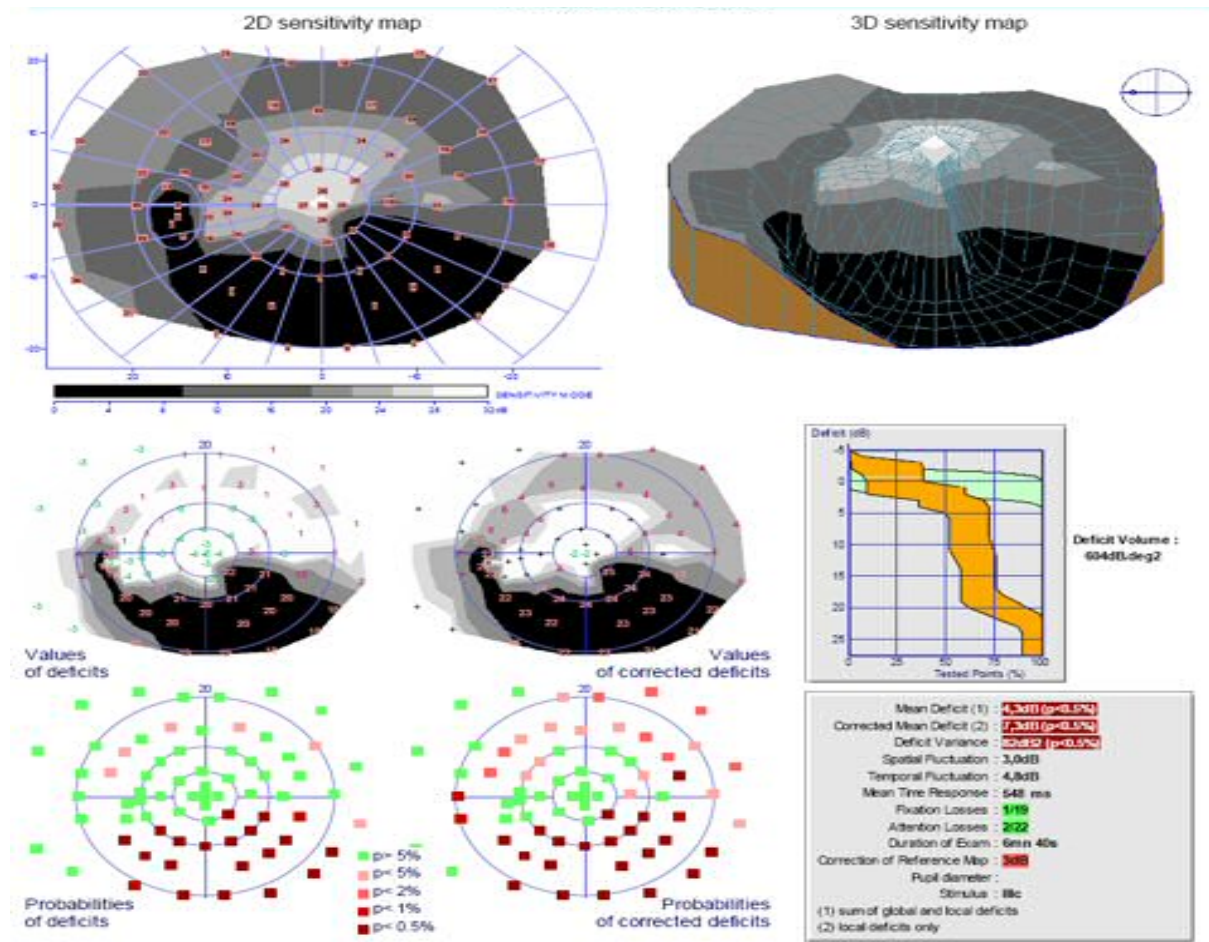


Figure 32 : relevé du Métrivision [14]

➤ **La tomographie par cohérence optique (OCT)**

L'évaluation des structures oculaires du segment postérieur représente une étape cruciale dans le diagnostic du glaucome et la détection de la progression de la neuropathie optique glaucomateuse. La tomographie par cohérence optique ou OCT (ou Optical coherence tomography) est une technique d'imagerie in vivo utilisée en ophtalmologie depuis près de vingt ans qui permet d'examiner la rétine dans toute son épaisseur [34].

Mise au point par une équipe du Massachusetts Institute of Technology conduite par James Fujimoto, le prototype a dans un premier temps permis la réalisation d'images en coupe in vitro de la rétine en 1991, puis les premières images in vivo furent publiées en 1995 par Huang, Swanson et Puliafito [34].

Le premier appareil, l'OCT1, fonctionnant dans le domaine temporel (*time domain*), a été commercialisé en 1995 par Humphrey Instruments (Californie), devenu par la suite Carl Zeiss Meditec, avec une résolution axiale intra tissulaire de l'ordre de 20 µm. En 1999, l'OCT2 améliorait le procédé d'acquisition d'images mais conservait la même source et donc la même résolution.

L'OCT3 ou Stratus OCT (Carl Zeiss Meditec, Californie) arrive sur le marché en 2002 et va connaître un grand succès avec des perspectives d'exploration de la rétine au quotidien et imposant l'OCT comme examen incontournable dans de nombreuses affections neuro-rétiniennes avec une résolution axiale de 10 μm .

Il faut attendre 2007 pour que les technologies évoluent vers l'OCT en domaine fréquentiel (spectral domain) et permettent d'accéder à une imagerie beaucoup plus rapide et résolutive de l'ordre de 5 μm [34].

- **Principes de l'OCT : interférométrie**

La tomographie par cohérence optique fait donc appel au principe expérimental de l'interférométrie en lumière faiblement cohérente, décrit dès le XVII^e siècle par Newton. Pour obtenir des images en coupe, on balaie avec un faisceau lumineux suivant un plan qui traverse le tissu examiné (en ophtalmologie la rétine ou la cornée). Pour mesurer le temps d'aller et retour et l'intensité des ondes lumineuses réfléchies par les diverses structures de l'œil, on fait interférer la lumière réfléchie de l'objet avec celle d'un autre faisceau ayant parcouru un chemin optique de référence.

Le chemin optique entre deux points est le chemin qu'aurait parcouru la lumière dans le vide pendant le temps qu'elle met à se propager entre ces deux points. Une différence de chemin optique entre deux faisceaux issus de la même source mesure donc une forme de retard optique entre deux ondes qui génèrent des interférences constructives ou destructives de ces dernières.

Les interférences sont créées dans un interféromètre de Michelson : il s'agit d'un dispositif composé de deux miroirs et d'une lame séparatrice faisant interférer deux faisceaux lumineux issus de la même source et ayant suivi des chemins différents.

Dans le cas qui nous intéresse, l'OCT, l'un des miroirs est dit de référence tandis que le rôle du second miroir est tenu par le tissu de l'œil étudié et la source émet une lumière à spectre large. Cela signifie que la source comporte de multiples longueurs d'onde et que les interférences ne se produisent que sur une certaine distance : la longueur de cohérence, qui est à l'origine de la dénomination de « tomographie par cohérence optique ».

Le signal d'interférence se compose d'une série de franges dont les intensités dépendent des microstructures rencontrées par le faisceau [34].

- **Les différentes technologies OCT**

- **OCT-time domain (OCT-TD)**

La première technologie OCT disponible dans un instrument industriellement commercialisé fut l'OCT-time domain (en domaine temporel). L'OCT-time domain, ou OCT-

TD, dont le schéma du principe optique est décrit à la **Figure 33**, projette sur la rétine un faisceau de lumière à large bande (820 nm, largeur 40 nm) proche des infrarouges, à l'aide d'une diode super-luminescente [34].

Lorsque l'interféromètre de l'instrument OCT combine les impulsions lumineuses réfléchies par la rétine et le miroir de référence, il se produit alors des interférences. Un photodétecteur détecte et mesure chaque interférence.

Il affiche les tomographies en temps réel à l'aide d'une échelle de fausses couleurs qui représente le degré de rétrodiffusion de la lumière par les tissus à différentes profondeurs de la rétine. La résolution axiale dans ce type de technologie était de 20 μm avec l'OCT1 pour s'améliorer à 10 μm avec les derniers appareils d'OCT-time domain [34].

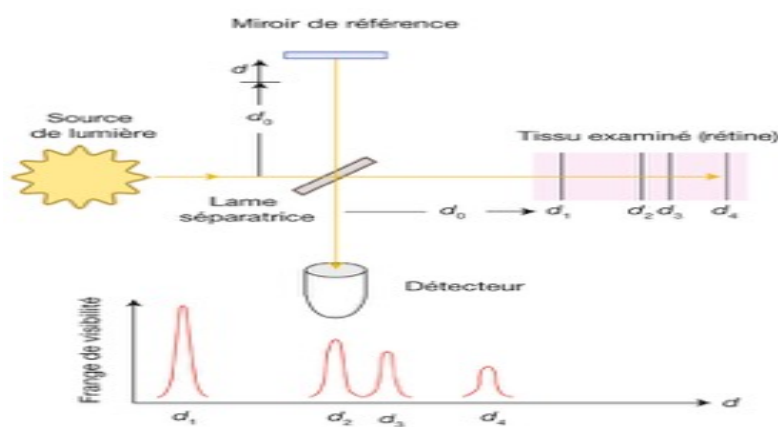


Figure 33 : principe optique de l'OCT-time domain [34]

- **OCT-spectral domain (OCT-SD)**

Une évolution notable de la technologie est à noter en 2007 avec l'arrivée des OCT-spectral domain (en domaine spectral).

L'OCT-spectral domain, OCT-SD, dont le schéma de principe est illustré à la **Figure 34**, est également une forme d'interférométrie à basse cohérence, où des rayons lumineux sont transmis le long de deux chemins optiques : le chemin échantillon (vers l'œil) et le chemin de référence de l'interféromètre. La source de lumière est une diode super-luminescente à 840 nm [34].

Le détecteur est un spectromètre en OCT-SD qui résout immédiatement les signaux d'interférence dans toute la profondeur de chaque examen axial au moyen d'une transformation de Fourier [34].

Les amplitudes et les phases relatives des composants spectraux diffusés depuis toutes les profondeurs d'examen axial du tissu échantillon sont résolues sans avoir à faire varier la longueur du chemin de référence.

La représentation spatiale des valeurs de réflectivité obtenues permet la construction d'images bi- ou tridimensionnelles présentant une corrélation étroite avec les images histologiques de la rétine.

Le déplacement d'un bras de référence mécanique étant éliminé, il devient possible d'acquérir les données d'images OCT environ soixante-dix fois plus vite qu'avec l'OCT-TD. Les OCT-SD balayent aujourd'hui les tissus avec une vitesse comprise entre 25 000 et 70 000 scans-A/s. [34].

Cette énorme augmentation de la rapidité permet aux OCT-SD d'acquérir des ensembles de données tridimensionnelles ou des cubes entiers de données dans des temps similaires à ceux de l'OCT-TD [34].

En dépit de cette vitesse d'examen accrue, la détection spectrale du signal d'interférence fournit une résolution supérieure de l'ordre de 3-5 μm .

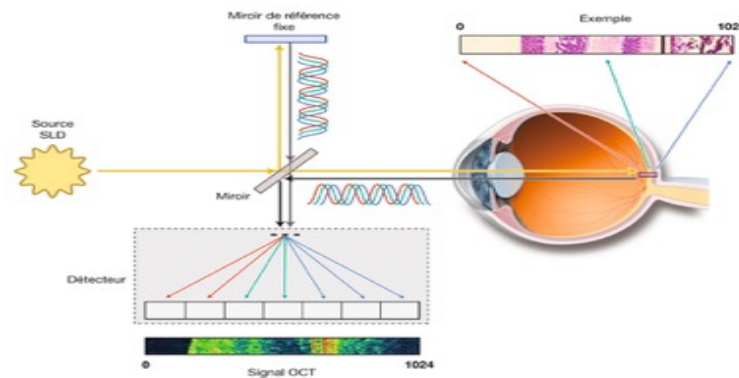


Figure 34 : schéma optique de l'OCT-spectral domain [34]

- **OCT swept source**

L'OCT-swept source, OCT-SS, dans le domaine fréquentiel combine les avantages des technologies time domain et spectral domain. Une source à longueur d'onde variable est utilisée et l'enregistrement se fait sur un photodétecteur comme en time domain.

Cette technologie présente l'avantage de disposer d'une vitesse d'acquisition supplantant l'OCT-SD (> 100 000 scans-A/s), mais la résolution axiale en est cependant moins bonne.

Avec l'emploi d'une source infrarouge à 1 060 nm, le signal pénètre plus profondément dans les tissus qu'avec l'OCT-SD et permet ainsi une meilleure visualisation de la choroïde et de ses limites ainsi que de la lame criblée [34].

- **Enhanced Depth Imaging Optical Coherence Tomography (EDI-OCT)**

C'est une nouvelle modalité d'imagerie qui a aidé les spécialistes de la rétine à en savoir plus sur le rôle de la choroïde dans l'œil.

C'est une technique d'imagerie qui tire parti de la profondeur accrue du champ de l'image inversée obtenue en plaçant un dispositif OCT-SD près de l'œil, ce qui permet de mieux visualiser la choroïde et la jonction choroïde-sclère.

Ces images améliorées permettent de mieux évaluer l'anatomie et l'épaisseur de la choroïde [34].

- **Limites et perspectives**

Si la résolution axiale a été une voie constante d'amélioration pour atteindre une valeur de 3 μm dans la profondeur des tissus, la résolution transversale (capacité à discerner deux éléments connexes dans une même profondeur) est indépendante de la technique d'échantillonnage du signal puisqu'elle est déterminée par les propriétés de focalisation du faisceau optique.

Actuellement limitée à 15-20 μm avec les machines disponibles sur le marché, cette valeur empêche de visualiser la composition d'une même couche et d'en distinguer les éléments unitaires comme les photorécepteurs, par exemple.

L'amélioration de cette résolution fait appel à l'optique adaptative qui rend possibles des résolutions transversales inférieures à 5 μm , permettant déjà le comptage des photorécepteurs. Cette technologie comporte pour l'instant un certain nombre de limitations, mais elle est pleine de promesses et ouvre de nombreuses voies de recherche en imagerie de la rétine.

Les futurs développements dans le domaine de l'OCT seront sans doute majeurs dans l'évaluation de l'atteinte structurale aussi bien au niveau des cellules ganglionnaires, des FNR que de la TNO [34].

- **Examen en OCT**

Grâce à l'analyse quantitative, objective et reproductible de la couche des FNR et de la TNO qu'elle permet, l'OCT représente une des techniques, aujourd'hui largement répandue, d'imagerie automatisée pour l'analyse in vivo de ces structures. Les nouveaux algorithmes de segmentation viennent maintenant compléter l'analyse au niveau d'un troisième site, celui du complexe maculaire cellulaire ganglionnaire.

Les différents appareils OCT-SD, actuellement disponibles sur le marché, possèdent tous un programme d'analyse du pôle postérieur ou de la région maculaire rétinienne et sont l'objet de nombreuses applications cliniques.

Il est important de connaître les différentes techniques utilisées par ces logiciels ainsi que leur fiabilité et leur reproductibilité, de comprendre ce que l'on mesure, de savoir interpréter les résultats et de préciser les capacités diagnostiques actuelles que l'on peut en attendre sur le plan pratique, en sachant évaluer leurs limites et repérer les pièges éventuels [34].

- **Les différents OCT-Spectral Domain (OCT-SD)**
- **Cirrus HD-OCT-5000 (Carl Zeiss Meditec, États-Unis)**

Cet appareil utilise comme source lumineuse une diode super-luminescente (SLD) dont la longueur d'onde est centrée à 840 nm. Une vitesse de balayage à 68 000 scans-A/s, de 1 024 points chacun sur une profondeur de 2 mm, permet d'atteindre une résolution optique axiale et transversale respectivement d'environ 5 et 15 μm .

L'analyse de la couche des FNR péripapillaires est pratiquée après acquisition d'un cube volumétrique de données de $6 \times 6 \times 2 \text{ mm}^3$ (programme Optic Disc Cube 200×200 , soit 200 scans-B constitués chacun de 200 scans-A correspondant à environ 41 millions de points) en 1,54 secondes. Le logiciel isole au sein du cube, autour de la TNO, un cercle de 3,46 mm de diamètre constitué de 256 scans-A au niveau desquels l'épaisseur de la couche des FNR est mesurée. Le logiciel d'analyse établit également une cartographie d'épaisseur de la couche des FNR sur l'ensemble de la surface du cube qui, comme nous le verrons, est particulièrement intéressante [34].

Du même cube papillaire, de nouveaux algorithmes permettent d'évaluer plus précisément plusieurs paramètres de la TNO dont la surface de l'anneau neurorétinien (ANR), le volume de l'excavation et les rapports C/D (cup/disc) moyen et vertical. L'analyse du complexe cellulaire ganglionnaire est possible à partir d'un « cube maculaire » d'acquisition de $6 \times 6 \times 2 \text{ mm}^3$ (cube de $6 \times 6 \text{ mm}$ sur 2 mm de profondeur) selon deux protocoles possibles : cube de 200 scans-B horizontaux composés chacun de 200 scans-A (mode Macular Cube 200×200) ou bien, cube de 128 scans-B constitués de 512 scans-A (mode Macular Cube 128×512). L'algorithme identifie automatiquement la limite externe de la couche des FNR pour isoler le complexe GCIPL constitué de la couche des cellules ganglionnaires (Ganglion Cell Layer) et de la couche plexiforme interne (Inner Plexiform Layer). Ces deux derniers éléments constituent le complexe GCL (encore appelé GCA ou ganglion cell analysis) ainsi analysé, éliminant de l'évaluation la couche des FNR, en raison de

la variation chez les sujets normaux de la distribution topographique de ces dernières dans la région maculaire étudiée. Par ailleurs, l'analyse s'effectue au niveau d'une zone elliptique de 141,13 mm² autour de la fovéa, de 5 mm de diamètre horizontal sur 4 mm de diamètre vertical estimée plus proche de la disposition anatomique observée des différentes couches des cellules ganglionnaires, associée à une épargne fovéolaire d'un cercle central de 1 mm sans mesure.

La taille la plus interne de l'anneau a été choisie afin d'exclure la zone où la couche des cellules ganglionnaires est fine et difficile à détecter alors que les dimensions les plus externes sont choisies pour répondre au plus près à la véritable anatomie de la région maculaire où la couche des cellules ganglionnaires rétinienne est la plus épaisse chez les sujets normaux.

Enfin un nouveau logiciel en cours de développement permet une acquisition élargie de 12 × 9 mm pour une analyse combinée FNR, TNO et GCA sur le même relevé [34].

- **OCT-SD RTVue 100 (OptoVue, États-Unis)**

L'OCT-SD RTVue 100 utilise une illumination par SLD dont la longueur d'onde est centrée à 840 nm. La vitesse d'acquisition est de 26 000 scans-A/s, la résolution axiale de 5 µm et la résolution latérale de 15 µm. Les scans-A ont une profondeur de 2 à 2,3 mm au niveau du pôle postérieur.

L'analyse de la couche des FNR péripapillaires peut se faire selon différents modes : un mode « RNFL 3.45 » qui utilise une acquisition de type scan-B circulaire de 3,45 mm de diamètre centré sur la TNO et moyenné quatre fois. Le mode le plus utilisé est cependant le mode « ONH map » qui permet de créer une cartographie d'épaisseur ainsi qu'une analyse sur un cercle de 3,40 mm de diamètre. Cette acquisition centrée par l'opérateur sur la TNO consiste en une série de six scans-B circulaires concentriques de 2,5 mm à 4 mm de diamètre (587 à 775 scans-A chacun) et de douze scans-B radiaux de 3,4 mm de long (452 scans-A chacun) en moins de 0,4 seconde. De ces séries de scans-B, l'appareil calcule une cartographie d'épaisseur de la couche des FNR et extrait également des valeurs au niveau d'un cercle de mesure de 3,40 mm de diamètre (série de 920 scans-A).

Les paramètres de la TNO sont également étudiés à l'aide de l'acquisition « ONH map » ou « 3D map » qui permet de définir les limites de la TNO et de l'ANR et d'obtenir différentes mesures (rapport C/D vertical, surface de l'ANR, etc.) [34].

OptoVue est la première firme à avoir développé spécifiquement un algorithme de segmentation du complexe maculaire cellulaire ganglionnaire (ganglion cell complex ou GCC, constitué de la couche des FNR, la couche des cellules ganglionnaires et la couche

plexiforme interne). L'acquisition des données se fait selon le protocole MM7 (7×6 mm), avec une série de 15 scans-B verticaux (de 800 scans-A) distants de 0,5 mm et un scan-B horizontal (de 934 scans-A). L'ensemble de la grille d'acquisition est légèrement décalé de 1 mm en temporal de la fovéa afin de couvrir la zone rétinienne correspondante à la zone de détection de déficit du champ visuel la plus fréquente. Un nouveau logiciel d'acquisition élargie pour l'analyse des FNR, de la TNO et du GCC sur le même relevé est également en cours d'évaluation [34].

- **Spectralis OCT (Heidelberg Engineering, Allemagne)**

Cet appareil utilise un double faisceau lumineux : d'une part, un système de tomographie confocale à balayage laser qui assure un balayage du fond de l'œil (résolution de 5 à 11 μm dans une fenêtre de $30^\circ \times 30^\circ$) et donne une image en face ; d'autre part, un OCT-spectral domain dont la source lumineuse est une SLD dont la longueur d'onde émise est centrée à 870 nm. La vitesse d'acquisition est de 40 000 scans-A/s. (scans-A de 1,9 mm de profondeur avec une résolution de 1 024 pixels). Les résolutions optiques axiale et transversale atteignent respectivement 7 et 14 μm [34].

La mesure de l'épaisseur de la couche des FNR est assurée par un scan-B circulaire de 3,40 mm de diamètre dont la résolution est de 1 536 scans-A ou de 768 scans-A selon la qualité choisie. Ce scan-B circulaire est centré manuellement par l'opérateur sur la TNO et, grâce au système complémentaire de contrôle de la fixation « eye-tracking », la qualité des scans-B est améliorée numériquement par un moyennage des signaux obtenus. La technologie « fovea-to-disc » permet d'orienter le déroulé du scan-B en tenant compte de l'axe TNO/fovéa pour une meilleure analyse de la perte en FNR péripapillaires et pour une reproductibilité augmentée dans le suivi en éliminant les phénomènes de cyclotorsion.

L'analyse des paramètres de la TNO est maintenant possible avec le nouveau logiciel d'acquisition plus précis des extrémités de la lame de Bruch par 24 scans-B radiaires et l'évaluation d'un nouveau paramètre : BMO-MRW (BMO-minimum rim width) qui correspond à l'épaisseur de l'ANR la plus faible entre l'extrémité de la membrane de Bruch et la projection au niveau de la limitante interne pour chaque secteur de la TNO (voir plus loin « Analyse de la TNO ») [34].

Le récent module d'analyse du pôle postérieur de l'appareil étudie non seulement l'épaisseur rétinienne totale et le complexe cellulaire ganglionnaire proprement dit, mais aussi permet une mesure séparée de l'épaisseur de toutes les couches rétiniennes (couche des FNR, des cellules ganglionnaires, de la plexiforme interne, etc.). Une acquisition de $30^\circ \times 25^\circ$ (horizontal/vertical) est réalisée à l'aide de 61 lignes scans-B (de 768 scans-A) couvrant une

surface rétinienne qui correspondrait au champ visuel 24°-2. Une grille d'épaisseur sur 64 secteurs de 3° (7 × 7 mm) est obtenue. La grille de mesure est orientée selon un axe dirigé de la fovéa au centre du disque optique (correspondant à la distribution topographique du raphé médian). Les analyses d'asymétrie inférieure/supérieure ou gauche/droite possibles ont montré leur intérêt en cas de glaucome débutant ou modéré mais plutôt dans les formes asymétriques. Ce système permet a priori une détection encore plus fine des déficits localisés [34].

- **OCT-SD RS 3000 Advance (Nidek, Japon)**

Avec une source SLD dont la longueur d'onde émise est centrée à 880 nm, la vitesse d'acquisition est de 53 000 scans-A/s. Les scans-A ont une profondeur de 2 mm pour une résolution de 1024 points et les résolutions optiques axiale et transversale atteignent respectivement 7 et 20 µm.

Pour l'analyse de la couche des FNR péripapillaires, l'OCT-SD RS 3000 effectue une acquisition de type « cube papillaire » de 6 × 6 mm² composée de 128 scans-B horizontaux (constitués chacun de 512 scans-A). De ces séries de scans-B, l'appareil donne une cartographie d'épaisseur de la couche des FNR avec une extraction des valeurs au niveau d'un cercle de mesure de 3,40 mm de diamètre autour de la TNO (série de 920 scans-A).

Les paramètres papillaires sont évalués à partir du même cube d'acquisition.

Au niveau maculaire, l'acquisition est de type cube maculaire large de 9 × 9 × 2 mm³ en 1,6 secondes (protocole 128 × 512 scans). La segmentation est de type GCC regroupant l'ensemble des trois couches (FNR + cellules ganglionnaires + couche plexiforme interne) et les résultats se présentent sous la forme de valeurs incluses dans une grille appelée G chart de huit secteurs (ETDRS) [34].

- **3D OCT-2000 (Topcon, Japon, Maestro)**

Cet OCT utilise une SLD dont la longueur d'onde émise est centrée à 840 nm. Sa vitesse d'acquisition est de 27 000 scans-A/s, avec des résolutions optiques axiale de 5 à 6 µm et latérale de 20 µm.

Les acquisitions des FNR se font par l'intermédiaire d'une acquisition de type cube papillaire de 6 × 6 mm² (128 scans-B × 512 scans-A). Un scan-B péripapillaire constitué de 1024 scans-A est extrait et automatiquement centré sur la TNO.

Les données du complexe cellulaire ganglionnaire sont obtenues à partir de l'acquisition d'un « cube maculaire » de 7 × 7 mm, balayage de trame composé de 512 scans-B verticaux (de 128 scans-A) couvrant une région maculaire de 6 × 6 mm. Une grille

d'analyse de 10×10 secteurs de $600 \mu\text{m}$ exprime les résultats et les compare à la base de données normatives de l'appareil. À noter que l'appareil dispose également d'un programme d'acquisition 3D élargi du pôle postérieur de $12 \times 9 \text{ mm}$ qui englobe ainsi la TNO et les FNR péripapillaires. Cet OCT donne les résultats de l'ensemble du GCC mais également les épaisseurs séparées de la couche des FNR, de la couche des cellules ganglionnaires et de la couche plexiforme interne [34].

- **OCT-SD HS-100 (Canon, Japon)**

Cet OCT-SD récemment disponible utilise une source SLD dont la longueur d'onde émise est centrée à $8055 \mu\text{m}$. La vitesse d'acquisition de $70\,000$ scans-A/s améliore les résolutions optiques axiale et transversale respectivement à 3 et $20 \mu\text{m}$. Il est associé à un SLO à champ large $44^\circ \times 33^\circ$ ($13 \times 10 \text{ mm}$) avec optimisation automatique de l'image.

Les acquisitions de la couche des FNR se font par un cube papillaire dénommé « Disc 3D » (cube dont l'analyse porte sur une aire de $6 \times 6 \text{ mm}^2$ grâce à 256 scans-B \times 512 scans-A).

Les paramètres papillaires les plus courants sont également évalués à partir du même cube d'acquisition [34].

Le programme maculaire permet une segmentation du GCC de très haute définition, sur un cube d'acquisition de $10 \times 10 \text{ mm}$ avec $1\,024$ scans-B \times 128 scans-A (mode « Glaucoma 3D »), à grande vitesse. Un double système de contrôle « tracking » (pupillaire et sur les vaisseaux du fond d'œil) assure une correction de l'impact des micromouvements oculaires. Une nouvelle fonction (ultra-fast-tracking) permet, si le patient bouge pendant l'acquisition, de renouveler jusqu'à cinq fois le passage des coupes qui lui manquent. Cette redondance réduit le risque d'artéfacts sur les cartes d'évolution. Une évolution logicielle permet également d'effectuer des scans de 13 mm de large. Il permet d'obtenir les mesures de l'ensemble du GCC (NFL + RGC + IPL) à l'aide d'une grille de type ETDRS en plus des valeurs moyennes totales et par hémichamp. Enfin, il vient récemment de s'enrichir d'une base de données normative de référence (> 492 patients âgés de 18 à 85 ans) dans quatre principales ethnies [34].

- **Procédures d'acquisition**

- **Procédure d'acquisition en pratique**

La majorité des OCT-SD possède un programme permettant une acquisition automatique et rapide des données. Une bonne maîtrise de l'ensemble des programmes disponibles par l'opérateur est nécessaire. Chaque appareil dispose de ses propres

programmes qu'il faut bien connaître et dont il faut dominer l'utilisation afin de permettre une acquisition optimale et reproductible des données [34].

L'opérateur doit avant tout enregistrer les informations relatives à l'identité du patient, sa date de naissance ainsi que son ethnie. Ces paramètres sont fondamentaux pour l'analyse des données et la comparaison des résultats obtenus avec les valeurs « normales » chez les sujets de même âge, en sachant que ces bases de données normatives sont spécifiques pour chaque appareil.

Dans le cadre du suivi d'un patient, il faut être vigilant à l'enregistrement de l'identité du patient afin d'éviter toute erreur provoquant la création d'un nouveau dossier.

Les particularités de chaque OCT permettent de retenir deux grands types de procédures d'acquisition : l'une où la focalisation est assurée à l'aide d'un palonnier similaire à celui du biomicroscope et qui déplace l'optique de l'OCT vers l'œil du patient ; l'autre utilisant une optique fixe avec un déplacement de la mentonnière et de l'appui frontal dans les trois axes pour la recherche dans un premier temps d'une bonne focalisation sur l'iris, puis une fonction « Z align » souvent automatique qui permet la mise au point sur la rétine (**Figure 35**) [34].



Figure 35 : examen OCT acquisition [34]

Afin d'acquérir un maximum de signal, il est souhaitable que le plan de la lumière incidente de l'OCT soit le plus perpendiculaire possible au plan rétinien. Un « bon alignement » orthogonal sur les plans horizontaux et verticaux est nécessaire. Dans ce but, les appareils donnent souvent des scans-B dynamiques de faible résolution pour se repérer au cours du centrage : lorsqu'un scan-B horizontal apparaît dévié (« tilté »), il convient de corriger le centrage en latéral ; si le scan-B vertical est mal aligné, il faut faire varier la hauteur.

Une fois le plan focal bien déterminé, certains appareils disposent d'une « fonction optimisation » qui améliore le gain de l'acquisition en fonction des conditions de réflectance de la lumière de l'OCT. Il est également souvent possible d'intervenir sur le contraste de l'image, mais sans toutefois en améliorer beaucoup la qualité [34].

Une autre possibilité d'améliorer cette qualité des images est de réaliser un «moyennage d'images». Ainsi certains appareils utilisent cette fonction logicielle qui consiste à renforcer le rapport signal/bruit des scans-A en moyennant le signal de plusieurs scans (le moyennage diminue le bruit par la racine carrée du nombre d'images moyennées) (**Figure 36**). Ce moyennage n'augmente pas la résolution des images : il s'agit d'un lissage qui permet notamment de mieux discriminer les interfaces. Il est encore plus performant lorsqu'il est couplé à un système complémentaire de suivi du regard « *eye-tracker* ». L'*eye-tracking* assure que le faisceau de l'OCT passe exactement au même endroit, limitant encore le flou induit par le moyennage en cas de micromouvements. Il est également intéressant dans le suivi des patients car il optimise la reproductibilité des scans, minimisant ainsi les variations intersessions qui deviennent extrêmement faibles [34].



Figure 36 : acquisition OCT avec moyennage d'image et eye-tracking [34]

- **Les prérequis d'une bonne acquisition**

L'acquisition d'un examen OCT de bonne qualité, fiable et reproductible, passe par le respect d'un certain nombre de règles de bonnes pratiques à bien connaître.

Une information la plus complète possible du patient concernant le but, le principe et les modalités de l'examen doit être donnée. Des explications claires, précises et concises sur le déroulement de l'acquisition des données sont nécessaires avant de débiter la procédure. On n'omettra pas de préciser qu'il s'agit d'un examen non-contact, indolore, non éblouissant et rapide. Le patient sera informé que l'appareil au cours de l'examen émet quelques bruits.

On insistera sur l'importance du maintien de la fixation, à l'intérieur de l'objectif, de la mire lumineuse dont la perception va se préciser au fur et à mesure de la mise au point automatique, ainsi que sur la nécessité d'éviter de suivre du regard le balayage des différents scans [34].

La dilatation pupillaire n'est pas nécessaire pour la réalisation de l'examen. Cependant, dans certains cas (pupille étroite, trouble des milieux, etc.), l'instillation d'une goutte de tropicamide en l'absence de contre-indication, peut être utile pour une acquisition

plus aisée et de meilleure qualité. Il est également plus facile à travers une pupille dilatée de se décentrer de l'axe optique pour éviter une opacité localisée du cristallin ou un anneau de Weiss prépapillaire trop visible et gênant la qualité d'une acquisition des FNR.

La position du patient est essentielle. Il doit être installé le plus confortablement possible, les pieds au sol à plat. Les réglages de la hauteur de la mentonnière de l'OCT ainsi que du siège du patient doivent être adéquats. Il est indispensable que le patient maintienne strictement la tête appuyée contre le support frontal afin de ne pas entraîner de variation dans un axe antéro-postérieur lors de l'acquisition (axe z). En effet, la plage de focalisation des OCT est en général très courte, de l'ordre de quelques millimètres.

Par ailleurs, une déviation latérale de la tête de quelques degrés peut être à l'origine d'artéfacts. Il est donc primordial que l'examineur contrôle le bon positionnement du patient tout au long de l'examen. Cette tâche est facilitée par les appareils qui permettent à l'examineur d'être placé perpendiculairement au patient au cours de l'acquisition (figure à compléter). Le maintien de la fixation et des yeux ouverts peut être source de gêne chez certains patients glaucomateux multi-traités qui présentent un problème de surface, voire de sécheresse oculaire parfois sévère pendant l'acquisition. L'instillation d'un agent mouillant avant l'examen peut être utile [34].

- **En fin d'acquisition**, l'opérateur exercé doit vérifier la bonne qualité de celle-ci
 - **Puissance du signal**

Tous les OCT-SD donnent un critère qualitatif de l'examen représenté par le rapport signal/bruit ou plus simplement la puissance du signal et que l'on peut vérifier dès la fin de l'acquisition. Le nom et l'échelle de cet indicateur sont différents pour chaque OCT. On parle en général de *signal strength* (SS) ou *signal strength index* (SSI) exprimé de différentes façons selon l'OCT. Pour le Cirrus HD-OCT, sa valeur doit être supérieure à 6/10 et à 50 avec le RTVue pour considérer le relevé fiable. Si le signal est trop faible, les algorithmes de segmentation seront mis en défaut avec un risque d'erreur de segmentation ou de mesure des épaisseurs moins fiables qu'avec une puissance de signal conforme. La faible puissance du signal peut être liée à une mauvaise acquisition ou à une pathologie associée (trouble des milieux, etc.). Il faut donc toujours confronter les données de l'OCT à l'examen clinique et ne pas retenir un relevé de faible signal [34].

- **Artéfacts de mouvement**

Les acquisitions volumétriques en cubes maculaires ou papillaires peuvent souffrir de micromouvements oculaires au cours des acquisitions (en général < 2 secondes). Ces artéfacts se reconnaissent sur les images « en face » du fond d'œil en cas de mauvais alignement des

vaisseaux rétiniens. Tous les OCT-SD ont amélioré leur programme d'acquisition grâce aux systèmes complémentaires de suivi du regard («*eye-tracker*») qui permettent de réduire les erreurs d'acquisition liées à ce type de micromouvements oculaires [34].

○ Erreur de segmentation

La segmentation des scans-B doit toujours être vérifiée. Le logiciel de segmentation peut avoir des difficultés pour délimiter les interfaces entre les différentes couches rétinienne (alors que la force du signal est bonne) (**Figure 37**) Une segmentation manuelle est alors nécessaire pour corriger ce type d'erreur, mais il est souvent plus simple et plus rapide dans ce cas de pratiquer une nouvelle acquisition.

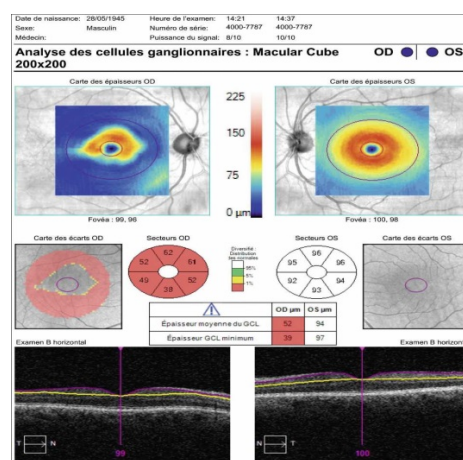


Figure 37 : relevé OCT avec erreur de segmentation du logiciel d'analyse dans le secteur temporel de l'œil droit objectivée à la partie inférieure du relevé d'analyse des cellules ganglionnaires [34]

▪ Acquisition des FNR péripapillaires

● Méthode

L'analyse des FNR en OCT s'est donc développée grâce aux scans-B circulaires péripapillaires dont le but est d'évaluer l'épaisseur de la couche des FNR sur 360° autour de la TNO. Le diamètre de 3,46 mm du scan-B a été sélectionné en OCT-TD pour sa meilleure reproductibilité des mesures et de nombreuses études ont démontré sa bonne capacité diagnostique.

Les différents types d'acquisitions spécifiques pour chaque OCT-SD ont été décrits précédemment.

● Interprétation

La lecture du relevé s'effectue de haut en bas et de gauche à droite.

À la partie supérieure se trouvent l'identité du patient, ainsi que sa date de naissance qui permet les analyses statistiques et la comparaison des résultats à ceux de sujets de même âge enregistrés dans la base normative de l'appareil. En dehors de ces limites, les valeurs seront exprimées en grisé sur le relevé car elles ne peuvent pas faire l'objet d'une analyse comparative à la base normative (**Figure 37**).

La puissance du signal comme nous l'avons vu est un paramètre important à vérifier à nouveau.

Le cube papillaire apporte l'avantage de construire de plus larges cartographies de la couche des FNR, permettant ainsi de repérer d'autres déficits au-delà du cercle habituel de mesure, et de suivre leur progression qui peut prendre comme nous le verrons des aspects caractéristiques.

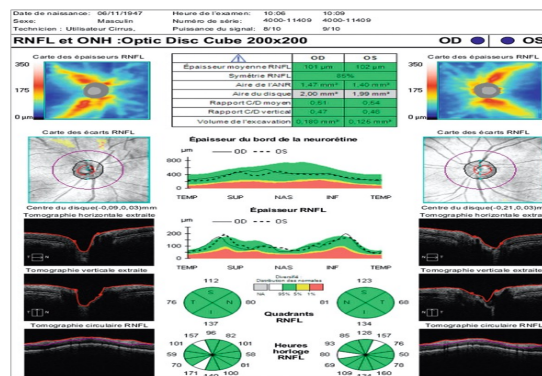


Figure 38 : relevé normal des FNR et disque optique Cirrus HD-OCT [34]

- **Bases de données normatives**

Chaque appareil dispose d'une base de données normatives spécifique. Ces bases de données correspondent à des valeurs normales d'épaisseur de la couche des FNR chez des sujets indemnes de toute pathologie et qui sont de sexe, d'âge et de race différents. Certaines bases de données normatives tiennent compte d'autres paramètres, comme celle de l'OCT RTVue (Optovue) qui considère également la surface du disque optique. Une série de patients plus ou moins importante est utilisée afin de déterminer un intervalle de confiance de valeurs normales. Les résultats comparés aux données de la base normatives sont exprimés avec un code coloré :

- la couleur blanche signifie que les valeurs sont plus épaisses que les limites de l'intervalle de confiance (5 % des sujets présentent les valeurs les plus épaisses). Il s'agit en général de sujets normaux ou atteints d'autres affections (œdème papillaire, attache et traction vitréo-papillaire, etc.), sources d'épaississement de la couche des FNR ;

- la couleur verte signifie une probabilité de valeur normale de 95 %, dans l'intervalle de confiance de la base de données normatives et à considérer comme normales ;
- la couleur jaune est un message d'alerte qui indique une probabilité de résultat normal inférieur à 5 % (valeur en dehors de l'intervalle de confiance à $p < 0,05$ mais supérieur à 0,01 – valeur suspecte ou limite « *borderline* ») ;
- la couleur rouge $p < 0,01$ correspond à une probabilité de mesure normale inférieure à 1 % et à considérer comme statistiquement anormale [34].

Si les divers OCT actuellement disponibles ont tous une sensibilité et une spécificité bonnes et globalement comparables, celles-ci n'atteignent cependant jamais 100 %.

Il faut donc rester prudent dans l'interprétation des résultats selon le code coloré. Leur expression se fait par rapport à une base de données « normatives » propre à chaque appareil avec souvent un nombre limité de sujets par décennie qui ne couvre pas toutes les variations possibles observables au sein de l'ensemble de la population. La confrontation des résultats avec les données cliniques doit donc être systématique et reste primordiale.

○ **Cirrus HD-OCT 5000**

Le rapport du Cirrus est établi après une acquisition de type « *optic disc cube* ».

L'analyse du relevé se fait comme suit :

- Au centre, un tableau résume les paramètres les plus importants avec l'épaisseur moyenne de la couche des FNR de chaque œil et le pourcentage de symétrie de cette couche entre les deux yeux.
- Latéralement, à la partie supérieure, l'algorithme de mesures donne une carte des épaisseurs de la couche des FNR sur l'ensemble de la surface du cube d'acquisition ($6 \times 6 \text{ mm}^2$). Cette représentation colorimétrique utilise les couleurs chaudes (jaune et rouge) pour les zones les plus épaisses (correspondant aux faisceaux arciformes) et les couleurs froides (bleu et vert) pour les zones les plus minces avec une échelle de correspondance des épaisseurs (de 0 à 350 μm). Un relevé normal donne un aspect en sablier ou aile de papillon (jaune et rouge) où il est important de rechercher une asymétrie entre les secteurs supérieur et inférieur ainsi qu'une zone déficitaire débutante périphérique (encoche bleue dans les secteurs jaune-rouge) qui peut être décelée.
- Une carte de déviation de l'épaisseur de la couche des FNR par rapport aux valeurs normales du sujet de même âge, située juste en dessous, met en évidence (superpixels constitués de 4×4 pixels) les points en dehors de l'intervalle de confiance défini à partir de la base de données normatives (en jaune et en rouge). L'intérêt majeur de

cette carte est de pouvoir détecter des anomalies en dehors du classique scan-B RNFL péripapillaire de 3,46 mm de diamètre utilisé en tant que zone de référence pour l'évaluation de l'épaisseur de la couche des FNR.

- La représentation graphique de l'épaisseur de la couche des FNR mesurée au niveau de chaque scan-A du cercle de mesure péripapillaire, au centre, est une image en déroulé ou « graphe TSNIT » qui fait apparaître les valeurs des deux yeux ainsi que la distribution colorée des valeurs normales en fonction de l'âge du sujet, pour chacun des 256 points composant ce graphe.
- Les valeurs numériques de l'épaisseur de la couche des FNR dans les quadrants supérieur, inférieur, nasal et temporal, avec une représentation colorimétrique par rapport aux données de la base normative de l'OCT.
- L'épaisseur des FNR pour chaque méridien horaire ainsi que leur code coloré comparatif par rapport aux sujets de même âge.
- À la partie latérale inférieure s'observe le déroulé du scan- B circulaire extrait du cube papillaire, ainsi que les limites internes et externes de la couche des FNR pour lequel il est important de vérifier le bon centrage dans la fenêtre d'acquisition et la qualité de la segmentation en cas d'anomalie sur le relevé [34].

o **RTVue (Figure 39)**

Le rapport du RTVue est classiquement établi après une acquisition de type « ONH map. L'analyse du relevé se fera comme suit :

- Une carte circulaire des épaisseurs de la couche des FNR à l'intérieur de laquelle les couleurs chaudes (rouge et orange) représentent les épaisseurs les plus importantes et les couleurs froides (bleu et vert) les épaisseurs les plus faibles.
- Une analyse de l'épaisseur de la couche des FNR sur un diamètre de 3,40 mm avec 16 secteurs. La valeur de chaque secteur est comparée à celle de la base de données normatives. En cas d'amincissement significatif, les valeurs sont surlignées de couleur jaune ($p < 0,05$) ou rouge ($p < 0,01$).
- Un tableau récapitule les valeurs des épaisseurs moyennes et celles des hémichamps supérieur et inférieur (avec les résultats pour chaque quadrant nasal et temporal), de la couche des FNR. Ces valeurs sont comparées à la base de données normatives.
- Un graphe qui rapporte la distribution de l'épaisseur de la couche des FNR selon un déroulé TSNIT. Les valeurs du patient (trait noir) sont représentées avec les valeurs limites de l'intervalle de confiance de la base de données normatives.

- Un graphe analyse la symétrie des deux courbes TSNIT et les différences sont affichées en jaune ou en rouge si elles sont anormales de façon statistiquement significative [34].

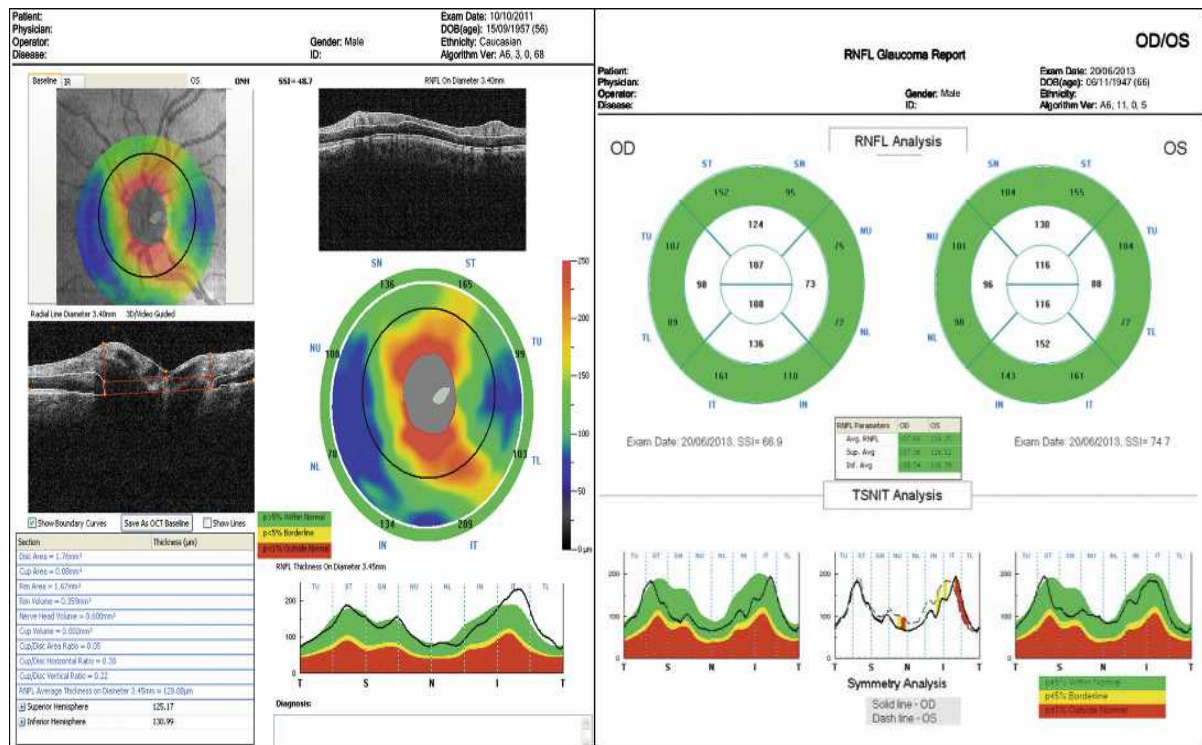


Figure 39 : relevé normal des FNR et du disque optique RTVue mode « ONH map ». b. Mode « RNFL 3.45 » [34]

o **Autres OCT-SD**

Classiquement le relevé de l’analyse des FNR rapporte des cartes et graphes similaires aux OCT-SD précédents avec pour chaque œil, le plus souvent, une valeur d’épaisseur moyenne, une valeur d’épaisseur par hémichamp (supérieur, inférieur) par quadrant (inférieur, supérieur, temporal et nasal) et, de façon moins constante, des valeurs méridiennes horaires. Ces valeurs sont abaissées en cas de perte diffuse (**Figure 40**).

Toute asymétrie dans les épaisseurs globales entre les deux yeux est très fortement suspecte.

Enfin il convient de toujours bien analyser la courbe TSNIT qui permet de déceler les pertes focales dans la zone de 3,4-3,46 mm.

Les cartes des épaisseurs de la couche des FNR sur les acquisitions en «cube papillaire» sont toujours importantes et doivent faire l’objet d’une analyse attentive car certains déficits apparaissent au-delà de la classique zone d’analyse de 3,40 mm.

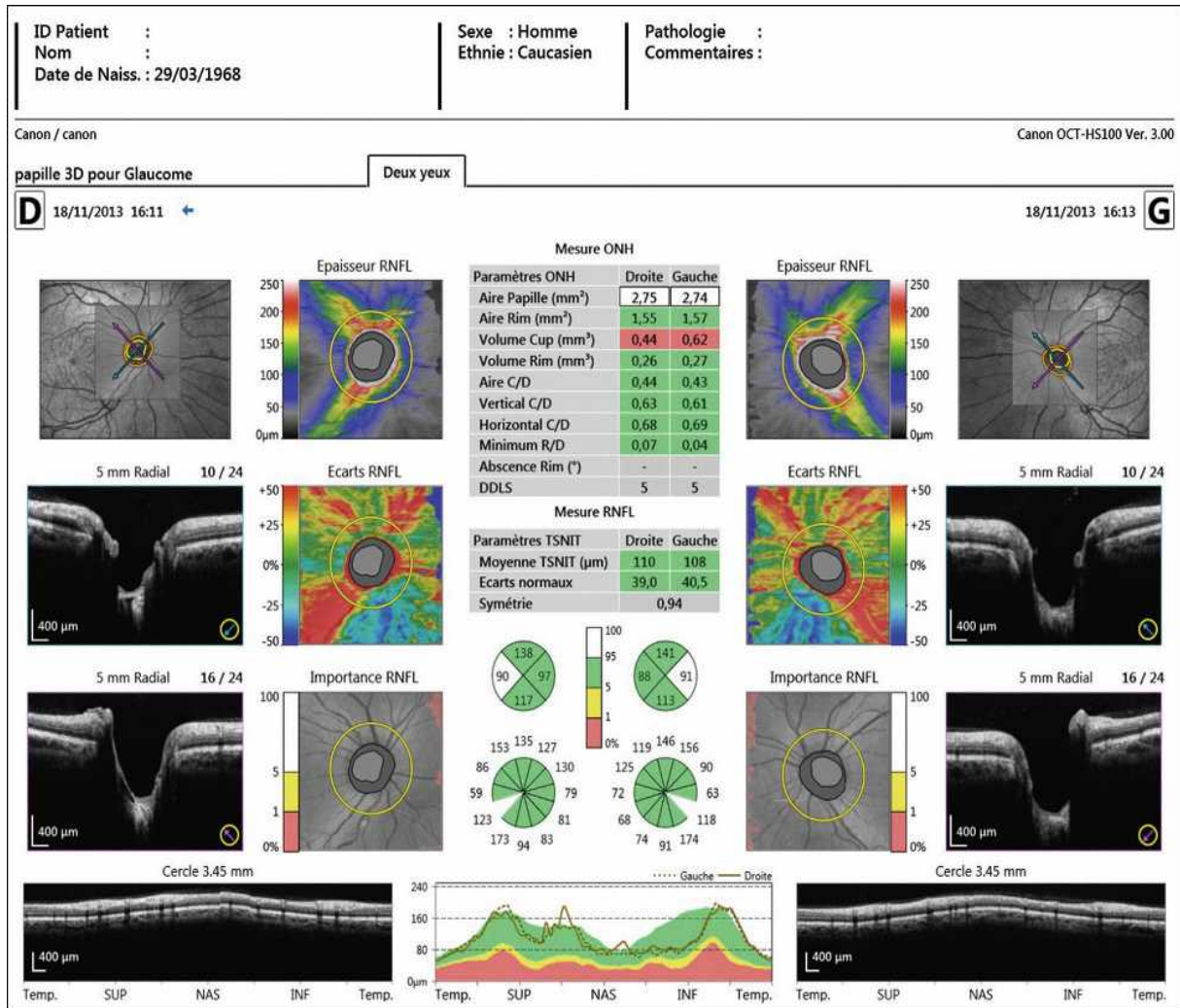


Figure 40 : a. Relevé normal OCT Canon HS 100 des FNR et du disque optique [34]

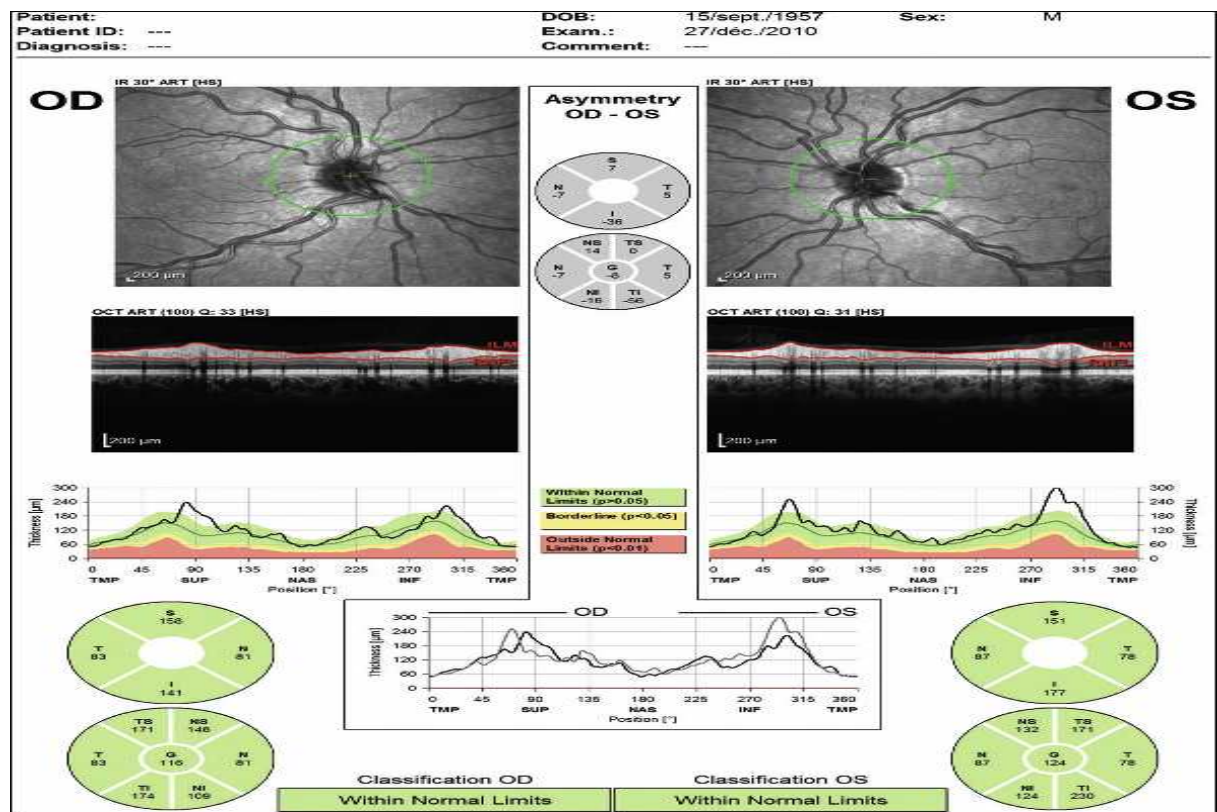
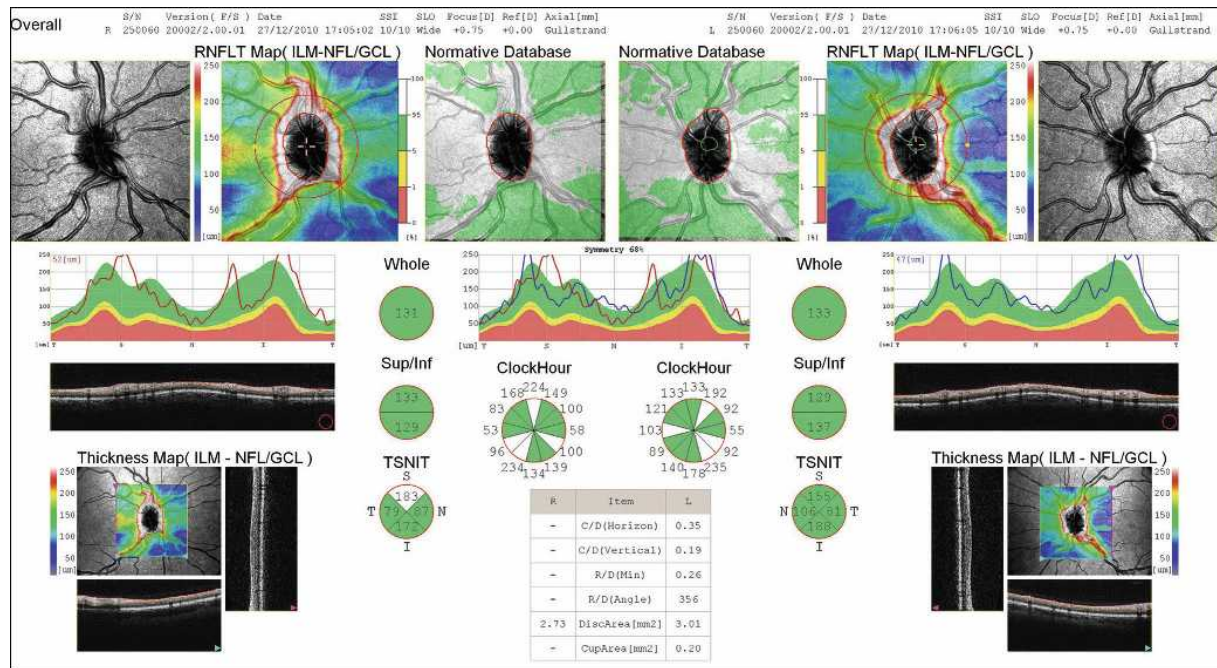


Figure 41 : b. Relevé normal NIDEK RS 3000 des FNR et du disque optique. c. Relevé normal OCT Spectralis Heidelberg des FNR [34]

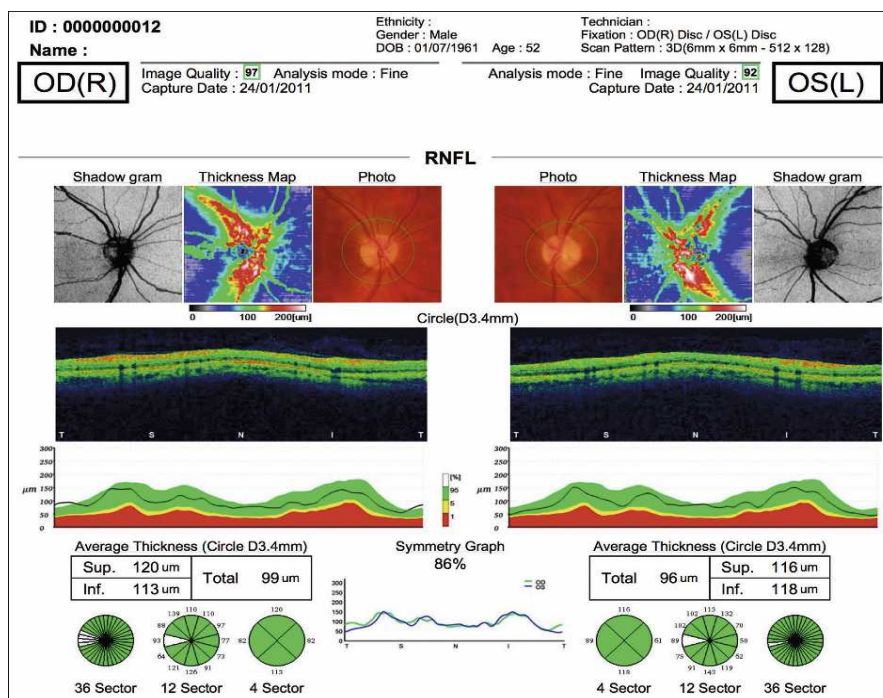
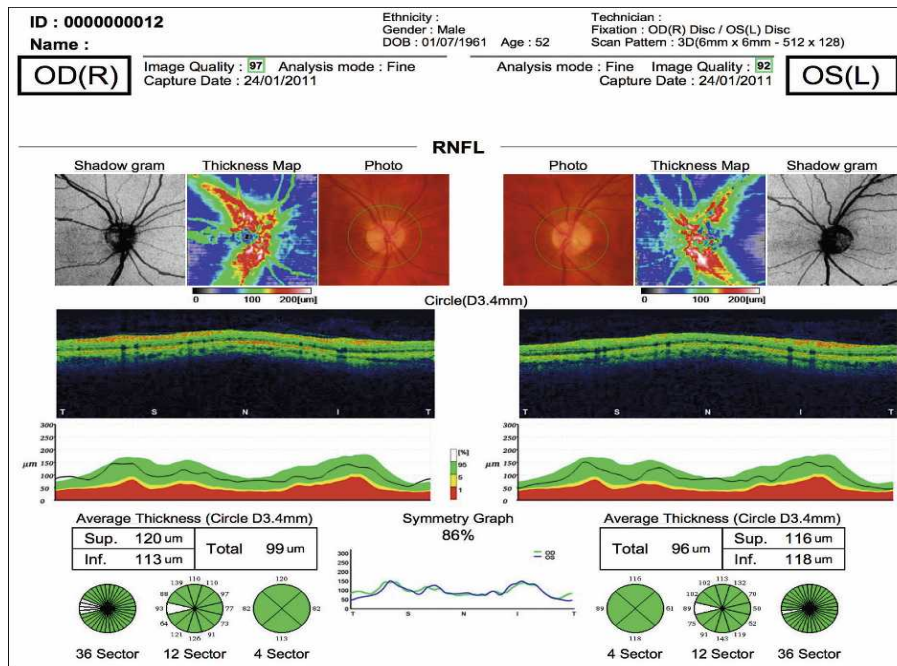


Figure 42 : d. Relevé normal 3D OCT 2000 Topcon des FNR [34]

- Acquisitions de la tête du nerf optique
- Méthode

L'OCT-TD n'était pas jugé performant pour l'analyse des paramètres de la TNO en raison de la réalisation de seulement six scans radiaires et d'une extrapolation des données

intermédiaires avec une faible résolution des acquisitions qui rendaient les analyses peu fiables et peu reproductibles.

Les OCT-SD ont nettement amélioré les acquisitions au niveau de la TNO grâce au nombre de scans-B (200 à 512) constitués de nombreux scans-A réalisés sur la zone papillaire et péripapillaire. Ils permettent ainsi d'obtenir une quantité importante d'informations à partir d'un volume tissulaire limité. La détermination, quasi automatique, des limites de l'épithélium pigmentaire et de la membrane de Bruch, repères importants, est bien plus aisée. Cette tendance se confirme avec la nouvelle génération d'OCT-SS. Malgré les grandes variabilités anatomiques de la TNO qui rendent parfois difficiles la détection d'une neuropathie optique glaucomateuse débutante, son analyse devient de plus en plus performante [34].

Les acquisitions, désormais toutes équipées du contrôle « eye-tracking » de suivi du regard, se font, comme nous l'avons vu, soit sous la forme d'un cube volumétrique (Cirrus HD-OCT, Carl Zeiss Meditec, États-Unis ; RS-3000, Nidek, Japon ; 3D-OCT 2000, Topcon, Japon), soit par une association de scans-B circulaires et radiaires (RTVue 100, OptoVue, États-Unis).

La limite de la TNO est déterminée sur chaque coupe OCT par le point au niveau duquel se termine la membrane de Bruch. Ce point est localisé automatiquement par le programme de l'OCT. Le diamètre de la papille est calculé en mesurant la distance séparant deux points diamétralement opposés de la membrane de Bruch. Les difficultés d'analyse de la TNO en OCT résident dans la délimitation de la bordure du canal optique. En effet, ces limites ne sont pas toujours précises sur les différents axes. Les programmes d'analyse de la TNO sont d'ailleurs assez constamment pris en défaut en cas de dysversion papillaire.

À ce jour, les performances diagnostiques des paramètres de la TNO par rapport à celles des FNR restent l'objet de controverses [34].

Si le consensus concernant les paramètres de la TNO en OCT-SD dans le GPAO n'est pas encore obtenu, de nombreux travaux ont permis de préciser les paramètres les plus pertinents à retenir et à suivre dans le cadre de l'évolution. Enfin l'excellente reproductibilité des mesures des paramètres de la TNO réalisées par les OCT de nouvelle génération a été rapportée dans plusieurs études [34].

- **Interprétation**

En général, les acquisitions de la TNO se font avec le « cube papillaire » et sont présentées sur le même relevé que celui de l'analyse des FNR.

○ **Cirrus HD-OCT 5000**

Sur le relevé RNFL et ONH apparaissent de nombreuses données papillaires (**Figure 38**) :

- Un tableau à la partie centrale supérieure du relevé regroupe les paramètres clés : l'aire de l'anneau neurorétinien (ANR) et du disque optique, le rapport C/D moyen, le rapport C/D vertical et le volume de l'excavation. Chaque paramètre est comparé avec la base de données normatives et une expression colorée des alertes est fournie en cas de valeur significativement anormale.
- Un graphe de l'épaisseur de l'ANR est présenté, au centre, en déroulé « TSNIT » identique à celui de la couche des FNR. La symétrie des deux yeux peut être comparée sur ce graphe qui fait également apparaître la distribution des valeurs normales. Ce graphique est très intéressant pour localiser les encoches de l'ANR : Mwanza et al. ont rapporté une très bonne sensibilité de son analyse (supérieure à celle des FNR).
- Les limites du disque (en noir) et de l'excavation (en rouge) sont représentées sur la « carte de déviation » ou « carte des écarts » à la normale des épaisseurs RNFL.
- Deux coupes OCT verticale et horizontale de la TNO sont également présentées à la partie latérale inférieure du relevé. Ces images permettent de vérifier le bon positionnement de la délimitation de la membrane de Bruch sur les deux axes principaux (vertical et horizontal). À noter que ces coupes OCT de la TNO sont souvent affichées avec un agrandissement de l'image dans la direction axiale afin de mieux observer et vérifier la segmentation des différentes couches rétiniennes mais pouvant donner un faux aspect d'excavation. Elles visualisent l'épithélium pigmentaire (noir), la membrane limitante interne surlignée en rouge et l'extrémité de la membrane de Bruch marquée par un point noir qui délimite l'excavation. L'espace entre les points rouges et noirs (limites de la membrane de Bruch) représente l'épaisseur de l'ANR. L'appareil considère que l'espace situé sous une ligne horizontale non représentée sur le relevé et située à 200 µm en avant du plan de la membrane de Bruch constitue le volume de l'excavation.

Les paramètres rapportés les plus discriminants à ce jour en OCT-SD au niveau de la TNO sont l'aire de l'ANR et le rapport C/D vertical [34].

○ **RTVue 100 (OptoVue, États-Unis)**

Le rapport « ONH map » comporte les paramètres papillaires suivants (**Figure 39**) :
Les limites du disque optique et de l'excavation sont représentées sur la cartographie d'épaisseur de la couche des FNR.

L'excavation apparaît en gris clair et l'ANR en gris foncé.

Un tableau donne les paramètres volumétriques en mm³ : volumes de l'ANR, du disque optique et de l'excavation.

[Un second tableau donne les autres paramètres de la TNO : aire du disque optique, de l'ANR de l'excavation, du rapport C/D, et rapport C/D vertical et horizontal [34].

o **Autres OCT**

La plupart des OCT-SD donnent certains paramètres papillaires, mais souvent moins que les deux OCT précédemment décrits. On retrouve en général le rapport C/D vertical et horizontal, la surface de l'ANR et de l'excavation, ainsi qu'une représentation visuelle des limites du disque et de l'excavation.

L'OCT-SD Spectralis avec son nouveau logiciel permet l'évaluation de l'indice BMO-MRW qui correspond à la distance minimale entre la terminaison de la membrane de Bruch et la membrane limitante interne avec, semble-t-il, un intérêt particulier pour déterminer la surface de l'ANR, mais qui doit encore être confirmé pour le diagnostic et le suivi de la progression (Figure 43).

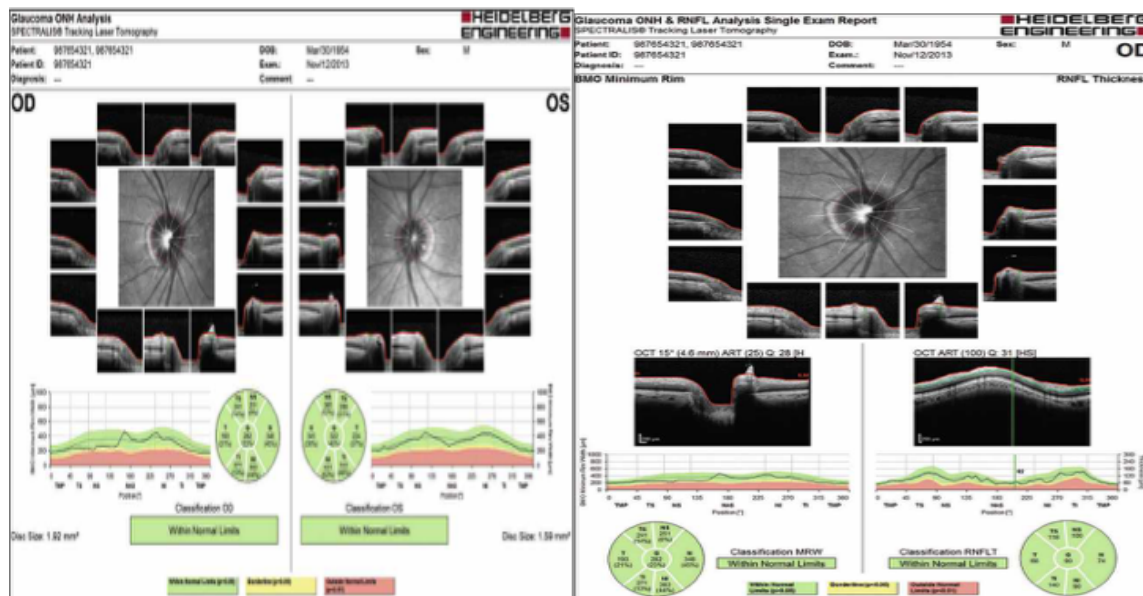


Figure 43 : a. Relevé normal d'analyse de l'indice BMO (Bruch membrane opening) de la TNO OCT Spectralis. b. Relevé normal d'analyse de l'indice BMO de la TNO et des FNR OCT Spectralis [34]

▪ **Acquisition du complexe cellulaire ganglionnaire maculaire (GCC)**

• **Principe et intérêt**

L'atteinte de la couche des cellules ganglionnaires rétiniennes, bien plus épaisse au niveau de la région maculaire, a été mise en évidence dans le glaucome par différentes études depuis de nombreuses années.

La meilleure résolution axiale des OCT-SD, de l'ordre de 3 à 7 microns, permet une segmentation intrarétinienne plus fine et reproductible, et une évaluation séparée des différentes couches de la rétine. C'est ainsi que s'est développée la mesure de l'épaisseur du complexe maculaire cellulaire ganglionnaire, défini par l'ensemble représenté au niveau de la région maculaire par les couches des FNR (RNF), des cellules ganglionnaires (CG-GCL) et de la plexiforme interne (CPI-IPL) [34].

L'analyse du complexe maculaire cellulaire ganglionnaire se justifie par plusieurs avantages anatomiques, physiologiques et techniques :

- plus de 50 % de l'ensemble des cellules ganglionnaires rétiniennes sont localisées dans la zone maculaire ainsi étudiée ;
- la limitation relative de variabilité de cette population cellulaire ganglionnaire dans la région paramaculaire chez les sujets normaux, comme cela a été démontré en histologie ;
- la structure maculaire relativement constante et simple avec moins de variabilité anatomique (pente maculaire) que les autres structures analysées en OCT (couche des FNR et TNO), absence de gros vaisseaux source possible d'artéfacts d'évaluation de l'épaisseur des couches rétiniennes en OCT ;
- la couche des cellules ganglionnaires représente environ 30% de l'épaisseur rétinienne maculaire de telle sorte que l'exploration des modifications de la région maculaire peut présenter un plus grand intérêt pour un diagnostic plus précoce du glaucome ;
- la qualité d'acquisition en OCT plus facile car obtenue par une fixation centrale du patient ;
- l'acquisition d'un plus grand nombre de scans maculaires avec un balayage plus dense et plus précis en OCT-SD à l'origine d'un plus grand nombre d'informations [34].

• **Interprétation**

Comme pour l'analyse des FNR, les relevés doivent être de bonne qualité. Le score ou puissance du signal doit être vérifié pour chacun des relevés avec un respect des valeurs minimales de qualité du signal propre à chaque appareil.

L'interprétation du relevé se fait sur les cartes colorimétriques, les cartes d'épaisseurs et les cartes de déviations par rapport à une base de données normatives selon l'âge et l'ethnie, propre à chaque appareil.

La carte des épaisseurs du complexe correspond à une représentation colorimétrique, globalement circulaire, de la disposition topographique du GCC ou des couches des cellules ganglionnaires et de la couche plexiforme interne, au niveau de l'aire maculaire étudiée avec des couleurs chaudes pour les couches les plus épaisses et froides pour les zones les plus minces du complexe. Il est important d'apprécier et d'analyser la répartition régulière ou non dans les différents secteurs. Elle permet d'attirer l'attention au niveau d'une zone déficitaire débutante ou évoluée. Un aspect totalement asymétrique, en coin, ou une déformation anormale (sablier, expansion latérale, etc.) doit éveiller l'attention à la recherche d'un artéfact (erreur de segmentation de l'algorithme de l'OCT, pathologie maculaire sous-jacente, trouble des milieux oculaires, etc.). La carte des déviations ou carte des « écarts » est une représentation de l'analyse statistique comparative des résultats avec les valeurs de référence des sujets de la même classe d'âge. Une représentation colorée souligne l'importance statistique de l'écart des valeurs (couleur jaune pour une anomalie à $p < 5\%$ ou rouge si $p < 1\%$). La présentation sectorielle de la région maculaire avec les valeurs numériques de l'épaisseur dans chacun des secteurs est complétée par un tableau des mesures des différents paramètres : épaisseur moyenne; épaisseurs des héli-zones maculaires supérieure et inférieure selon les appareils ; valeurs d'indices supplémentaires pour certains OCT-SD (GCIPL minimum du Cirrus HD-OCT, GLV et FLV du RTVue) [34].

Pour les atteintes précoces, l'analyse de la sensibilité des différents paramètres du relevé rapporte une plus grande sensibilité diagnostique du secteur temporel inférieur quand il peut être évalué (Cirrus HD-OCT) et du secteur maculaire inférieur, ainsi que des indices supplémentaires.

L'analyse des résultats en fonction du code coloré doit respecter les mêmes règles que l'analyse de la couche des FNR péripapillaires. L'observation d'une couleur rouge ne doit pas être interprétée de façon isolée sans comparaison avec les résultats des autres données des relevés. En effet, les codes colorés utilisés par rapport aux bases normatives ne recouvrent pas l'ensemble des variations qui peuvent être observées au sein de la population normale. Ces bases dites de référence correspondent à un échantillon limité de sujets normaux de la même classe d'âge et ne peuvent pas couvrir l'ensemble des variations éventuelles observables au sein de la population normale. L'observation d'un résultat avec un code coloré rouge (théoriquement observé chez moins de 1 % de la population normale) doit attirer l'attention, mais ne doit pas classer systématiquement le résultat en tant que valeur anormale.

Un certain nombre de résultats est exprimé en code coloré rouge, alors que l'analyse des résultats fonctionnels chez le même patient montre la persistance d'une fonction dans le même secteur analysé. Il semblerait qu'il existe, comme pour l'analyse des FNR péripapillaires, un effet dit « plancher » correspondant à un seuil à partir duquel l'expression des résultats se fait selon un code maximal d'anomalie au-delà duquel l'évaluation de la progression ne puisse pas être exprimée par l'intermédiaire de ce type de résultat. Cependant, des études récentes réalisées chez des patients atteints de glaucome avancé ($MD \leq -15$ dB) rapportent la persistance d'une certaine couche de cellules ganglionnaires résiduelles en OCT-SD. Des études sont encore nécessaires pour préciser ces données [34].

Un certain nombre de facteurs doivent être considérés lors de l'interprétation des relevés :

- des facteurs liés au patient : épaisseurs souvent plus faibles chez le sujet myope et plus importantes en cas d'hypermétropie ; une plus grande longueur axiale du globe oculaire peut expliquer une relative diminution d'épaisseur ; enfin un intérêt particulier de l'analyse du GCC en cas de dysversion ou autre anomalie papillaire d'examen difficile ;
- des facteurs liés à l'OCT-SD et à la technique d'acquisition : toujours vérifier l'indice de qualité du relevé, indice « SS », variable et spécifique pour chaque OCT-SD ; considérer avec prudence l'expression des résultats en fonction de la base normative selon un code coloré [34].

- **Cirrus HD-OCT 5000 (Figure 44)**

L'analyse du complexe cellulaire ganglionnaire (ou GCA pour ganglion cell analysis) est possible après l'acquisition d'un cube maculaire en protocole 200×200 ou bien en protocole 128×512 . Le GCA tient compte des épaisseurs de la couche des cellules ganglionnaires (GCL) et de la couche plexiforme interne (IPL), constituant l'indice GCIPL. Sa très haute reproductibilité a été rapportée par de nombreuses études.

Le relevé du rapport GCA comporte plusieurs éléments importants à analyser :

- Une carte d'épaisseur du complexe GCIPL qui apparaît en transparence sur le fond d'œil du patient. Les épaisseurs sont représentées en couleurs chaudes (rouge et jaune) pour les épaisseurs élevées et en couleur froides (bleu à noir) pour les épaisseurs plus faibles. Cette carte d'épaisseur permet de visualiser directement les atteintes importantes qui souvent ne concernent qu'un hémichamp et respectent le raphé médian. Les atteintes débutantes sont en général plus marquées dans le secteur temporal, notamment en temporal inférieur.

- Une carte des déviations à la normale dans la zone ellipsoïdale d'analyse est affichée en dessous. Les pixels jaunes et rouges correspondent à des amincissements anormaux pour l'âge à $p < 5\%$ ou à $p < 1\%$. Une atteinte débutante dans le secteur temporel inférieur, fréquemment le premier concerné par un amincissement dans les glaucomes débutants, doit être systématiquement recherchée.
- Le relevé permet d'obtenir l'épaisseur moyenne (GCL moyen) de l'ensemble du complexe GCL (couche des cellules ganglionnaires et de la couche plexiforme interne) ainsi que l'épaisseur moyenne au niveau des trois secteurs supérieurs et des trois secteurs inférieurs de la zone elliptique analysée. Ces résultats sont complétés par un indice : l'épaisseur moyenne minimum du complexe GCL (GCL minimum) qui correspond en fait au rayon de mesure radiaire du complexe, à partir de la fovéa, avec la plus petite valeur moyenne sur l'ensemble des 360 rayons de mesure de la zone elliptique relevée. Des études récentes soulignent l'intérêt particulier de cet indice dans la détection des glaucomes précoces, en particulier dans les glaucomes à pression normale. et
- A la partie inférieure du relevé, un scan-B horizontal permet de vérifier la bonne qualité de la segmentation des couches cellulaires ganglionnaires et de la plexiforme interne par l'algorithme GCA et de s'assurer que le profil maculaire est normal [34].

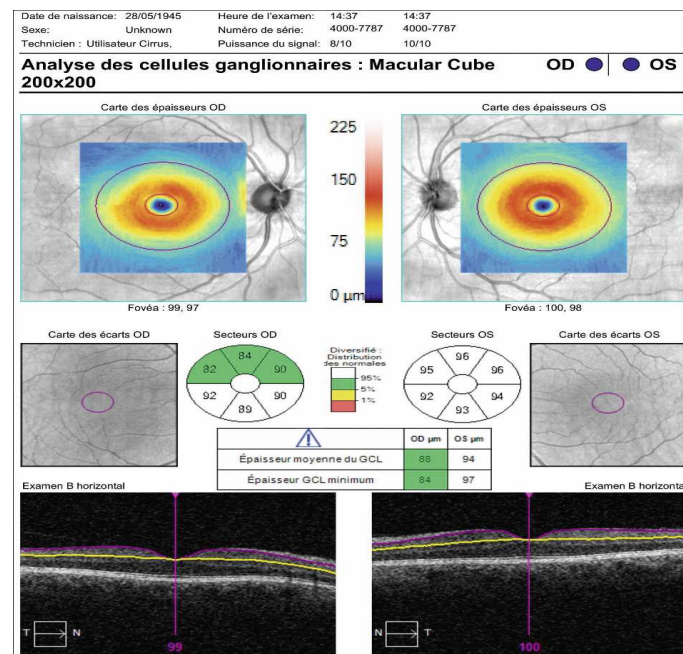


Figure 44 : relevé normal Cirrus HD-OCT du complexe cellulaire ganglionnaire GCL et plexiforme interne [34]

○ **RTVue 100 (Figure 45)**

L'OCT analyse le complexe cellulaire ganglionnaire en entier (NFL + GCL + IPL). Il est légèrement décalé en temporal de la macula où les atteintes précoces prédominent en raison de la distribution des FNR. Le relevé GCC comporte trois cartes différentes ainsi qu'un tableau récapitulatif des paramètres les plus importants :

- Carte colorée des épaisseurs du GCC dans l'ensemble de la région étudiée (zone de 6 mm de diamètre) avec des couleurs chaudes (rouge-jaune) pour les valeurs élevées et froides (bleu-noir) pour les valeurs faibles avec une correspondance à une échelle en microns.
- Carte de déviation aux valeurs normales, carte colorée de déviation par rapport à la population normale : couleur bleue correspondant à une baisse de 20 à 30 % de l'épaisseur du complexe GCC, couleur noire correspondant à une baisse supérieure à 50 % par rapport à la base normative de référence de sujets de même âge.
- Carte de significativité similaire à celle obtenue dans l'analyse de la couche des FNR péripapillaires (couleur rouge correspondant à une déviation statistiquement significative à $p < 1\%$, jaune $p < 5\%$, et vert correspondant aux valeurs observées chez 5 à 95 % de la population normale de référence).
- Les résultats chiffrés des épaisseurs moyennes globales ainsi que des hémis-zones maculaires supérieure et inférieure sont complétés par deux indices. L'indice FLV (focal loss volume) correspond au pourcentage de volume de perte significative focale sur l'ensemble de la carte du complexe GCC analysé en se rapportant au volume normal pour l'âge. L'indice GLV (global loss volume) en pourcentage correspond à la quantité moyenne de cellules ganglionnaires perdues en volume, sur l'ensemble de la carte GCC analysée. Ces deux indices possèdent une excellente sensibilité diagnostique [34].

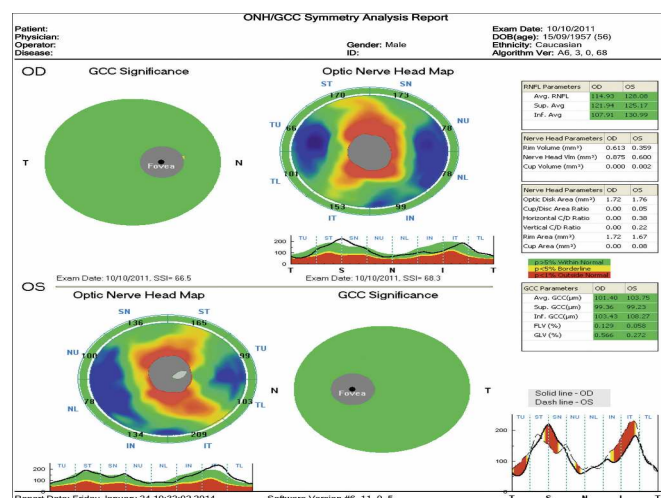


Figure 45 : relevé normal RTVue du GCC avec analyse de symétrie OD-OG [34]

○ **Autres OCT**

Les autres OCT-SD ont également des programmes d'analyse du complexe cellulaire ganglionnaire. Les relevés de la majorité des appareils rapportent les cartes des épaisseurs de déviations et de significativité du complexe GCC ainsi que ses valeurs moyennes et celle des hémichamps maculaires supérieur et inférieur. L'OCT RS-3000 de Nidek permet une analyse du GCC dans une zone de $9 \times 9 \text{ mm}^2$ selon une grille EDTRS (**Figure 46**), et l'OCT Canon HS-100 dans une zone de $13 \times 9 \mu\text{mm}^2$ (**Figure 47**).

L'OCT 3D-OCT 2000 de Topcon dispose d'un programme qui donne à la fois les valeurs du GCC et celles du complexe GCIPL ainsi qu'une analyse d'asymétrie selon un code coloré qui complète le relevé des données (**Figure 48**). Enfin l'OCT-Spectralis de Heidelberg apporte une analyse d'asymétrie complémentaire entre les hémichamps maculaires du même œil (**Figure 49**).

Lors de l'interprétation des résultats, il est important de rechercher une atteinte débutante dans le secteur temporel inférieur, ainsi que dans le secteur maculaire inférieur au niveau des cartes de déviations statistiques afin de dépister un déficit précoce. Le fait que l'épaisseur moyenne du complexe soit moins sensible et moins spécifique pour la détection précoce d'une atteinte (GCIPL moyen) peut être lié aux particularités des stades précoces affectant le plus souvent les pôles maculaires supérieur et inférieur en premier alors que la moyenne reste dans les limites normales [34].

De l'ensemble des protocoles d'acquisition utilisés par les différents appareils OCT présentés ici, nous pouvons retenir que chacun utilise un protocole différent avec des algorithmes non comparables d'un appareil à l'autre, avec dans certains cas une analyse globale des différentes couches du complexe cellulaire ganglionnaire maculaire, et dans d'autres une analyse plus sélective de la couche des cellules ganglionnaires. Enfin certains OCT-SD donnent, avec l'analyse du complexe maculaire cellulaire ganglionnaire, des indices supplémentaires de quantification des pertes cellulaires ganglionnaires (indices GCIPL minimum pour le Cirrus HD-OCT, indices FLV et GLV pour le RTVue) qui viennent compléter les informations et semblent présenter un intérêt clinique particulier. En effet, avec une sensibilité diagnostique équivalente voire supérieure à celle de l'analyse de la couche des FNR péripapillaires, ces indices représentent une source d'informations complémentaires importantes en fonction du contexte clinique [34].

Il faut donc retenir que les résultats obtenus par ces différents appareils ne doivent pas être comparés et ne sont pas interchangeables d'un appareil à l'autre comme c'est le cas pour l'analyse des FNR péripapillaires avec les différents OCT-SD.

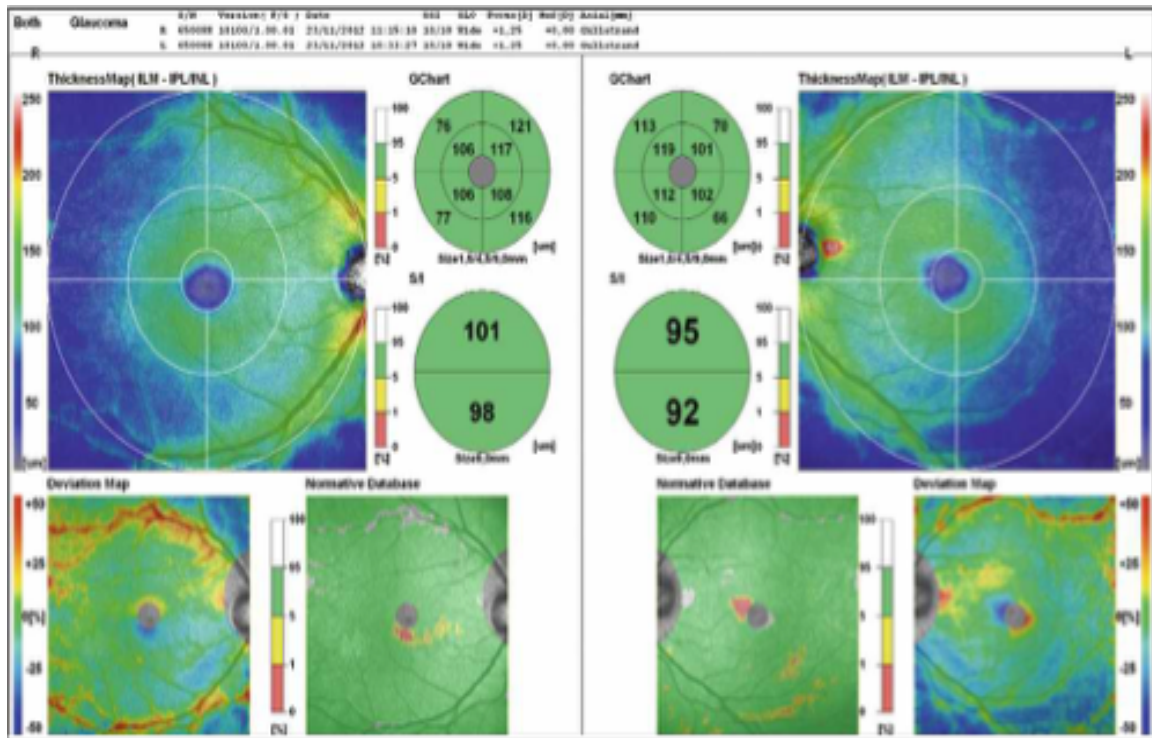


Figure 46 : relevé normal du GCC maculaire OCT-SD RS 3000 Nidek [34]

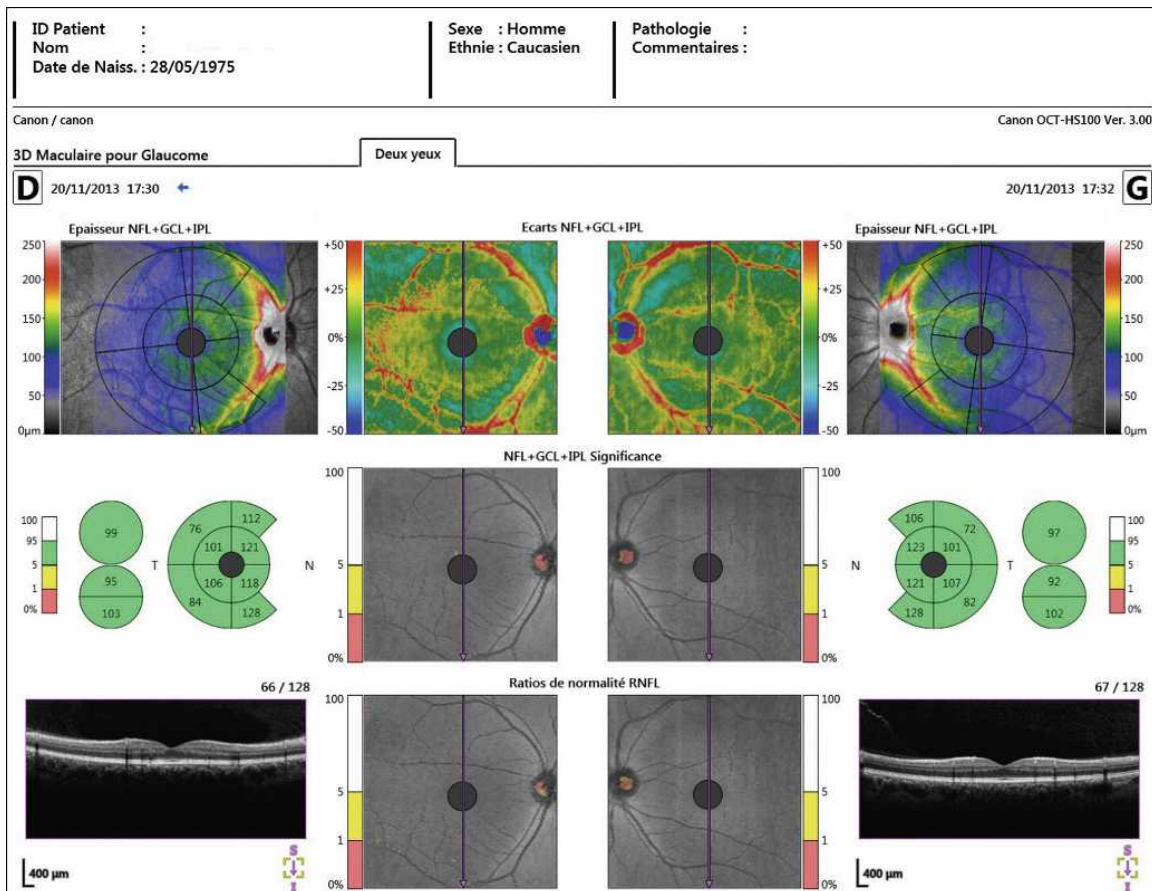


Figure 47 : relevé normal du complexe maculaire OCT Canon HS 100 [34]

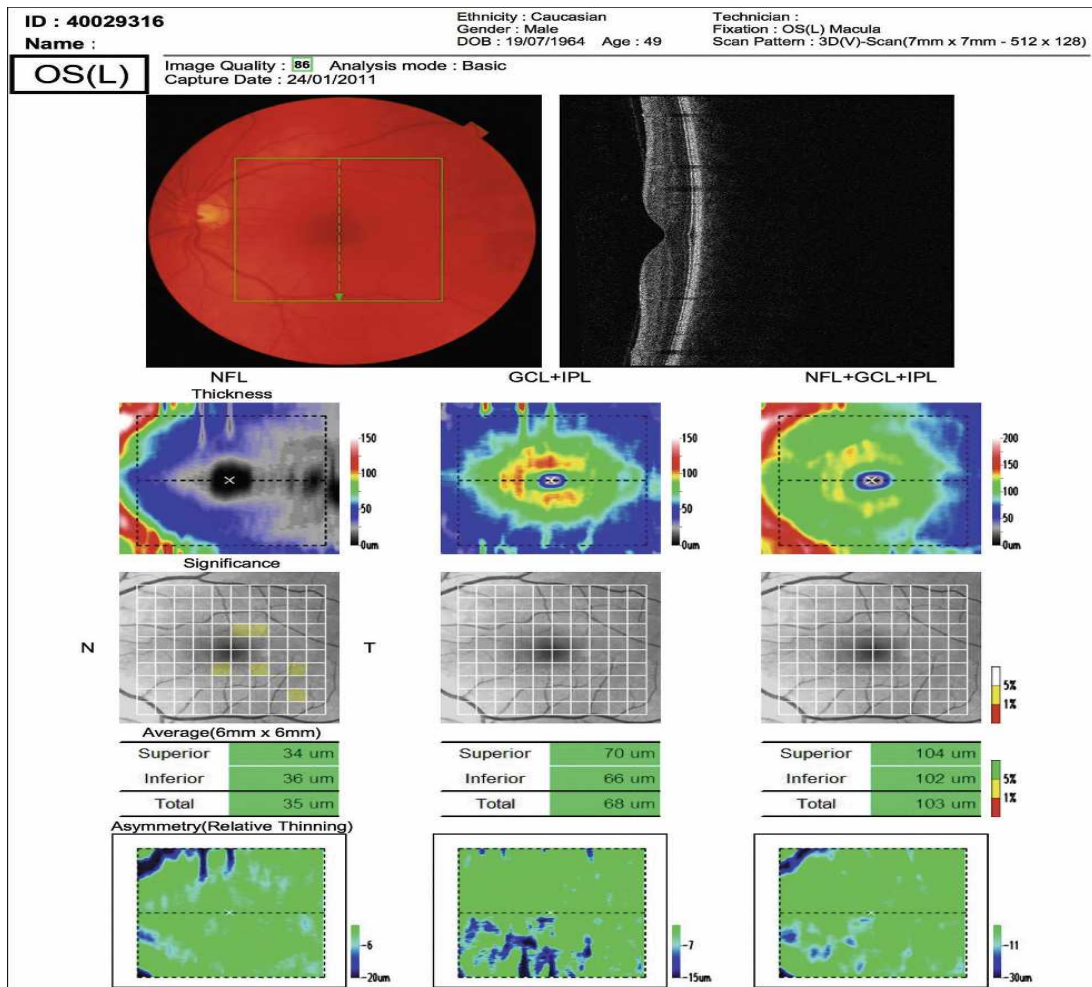
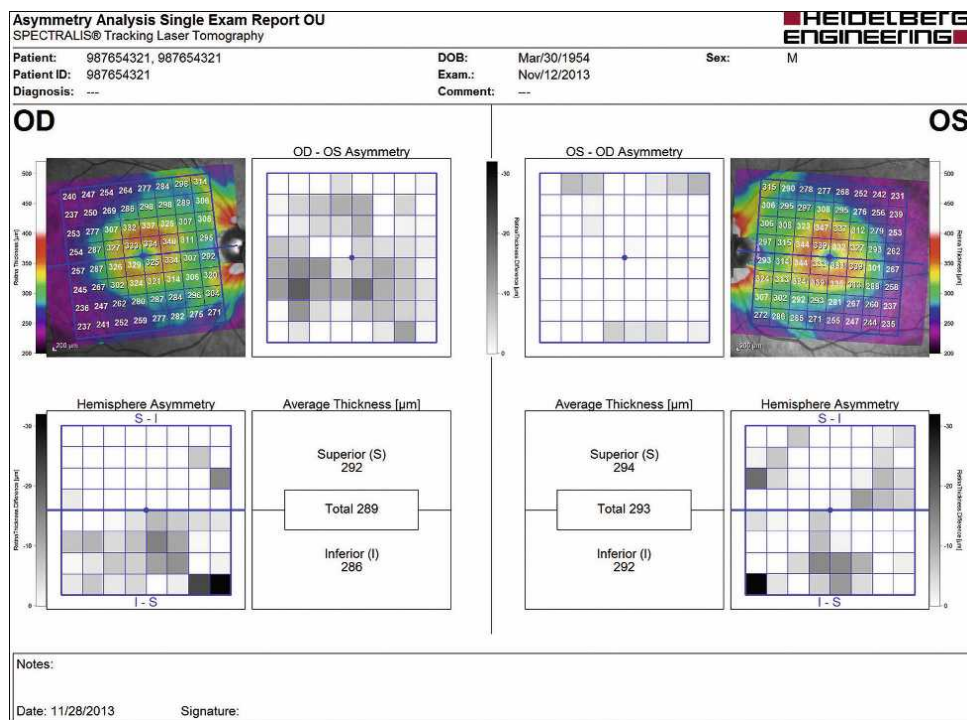


Figure 48 : relevé normal du GCC 3D-OCT 2000 Topcon [34]



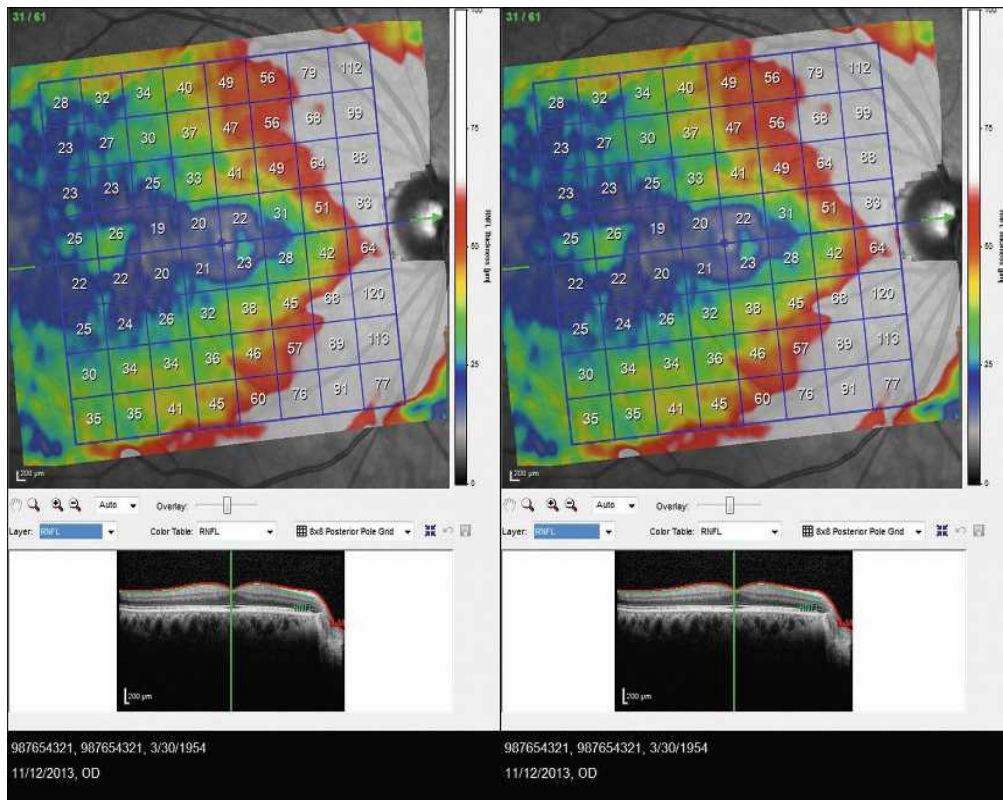


Figure 49 : a. Relevé normal pôle postérieur avec analyses d’asymétries hémichamp visuel et OD-OG OCT Spectralis. b. Carte de la couche des cellules ganglionnaires. c. Carte de la couche des FNR OCT Spectralis [34]

▪ **Pièges de l’OCT**

Un certain nombre d’artéfacts sont possibles et doivent être reconnus pour une bonne interprétation. Certains ont déjà été détaillés :

- le mauvais centrage au niveau de la fenêtre d’acquisition (observé selon les séries dans 5 à 8 % des relevés) ;
- le positionnement du patient ;
- la qualité du signal.

• **Troubles des milieux**

Une taie cornéenne, une cataracte ou une opacité vitréenne peuvent diminuer la qualité globale d’une acquisition (la puissance globale du signal est alors diminuée), mais également donner des artéfacts isolés malgré un bon signal, à reconnaître afin de répéter l’acquisition en dehors de ces zones de mauvaise transmission du signal lumineux de l’OCT (**Figure 50**).

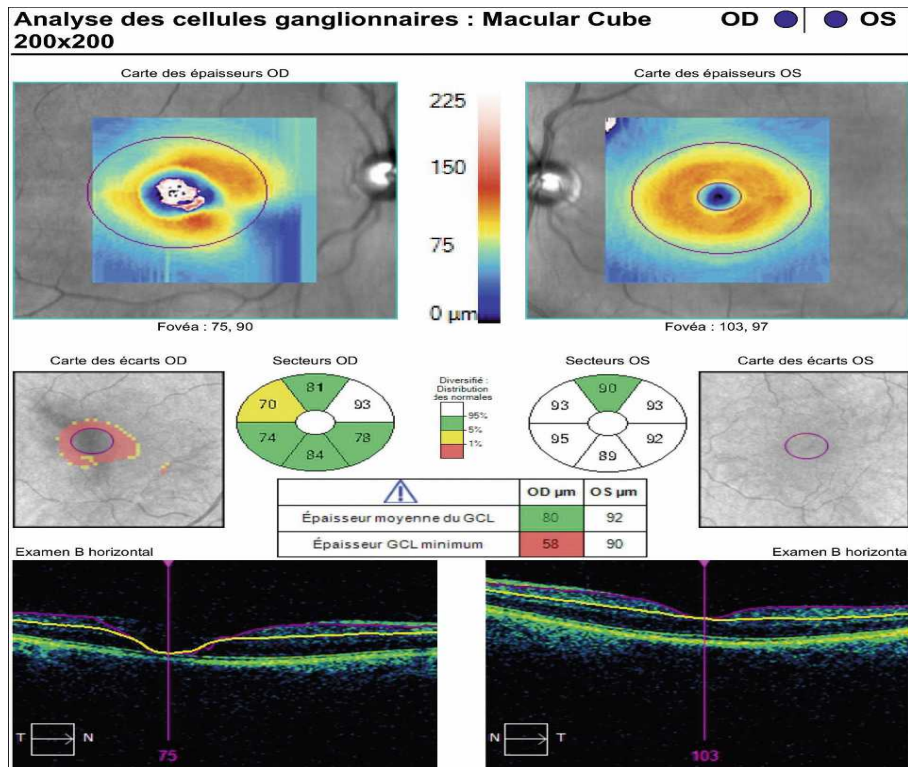


Figure 50 : piège d’acquisition OCT par trouble des milieux de l’œil droit lié à une cataracte polaire postérieure [34]

- **Implants multifocaux diffractifs**

Ils sont à l’origine d’artéfacts linéaires horizontaux en vagues qui perturbent totalement l’acquisition des scans OCT.

- **Longueur axiale augmentée ou disque optique de petite taille**

Ce sont des facteurs à considérer car associés à un amincissement de la couche des FNR ou du GCC avec de faux résultats positifs.

- **Pièges spécifiques aux acquisitions de la couche des FNR**

Les attaches pathologiques de la hyaloïde postérieure à la membrane limitante interne et les œdèmes papillaires peuvent entraîner un épaissement de la couche des FNR. La choroïdose myopique ainsi que toutes les atrophies péripapillaires sont source d’artéfacts et de relevés souvent ininterprétables [34].

- **Pièges spécifiques aux acquisitions du GCC**

Toutes les anomalies maculaires (membranes, matériel rétrofovéolaire, maculopathie liée à l’âge, œdème maculaire débutant) peuvent perturber la circonscription du GCC et le relevé [34].

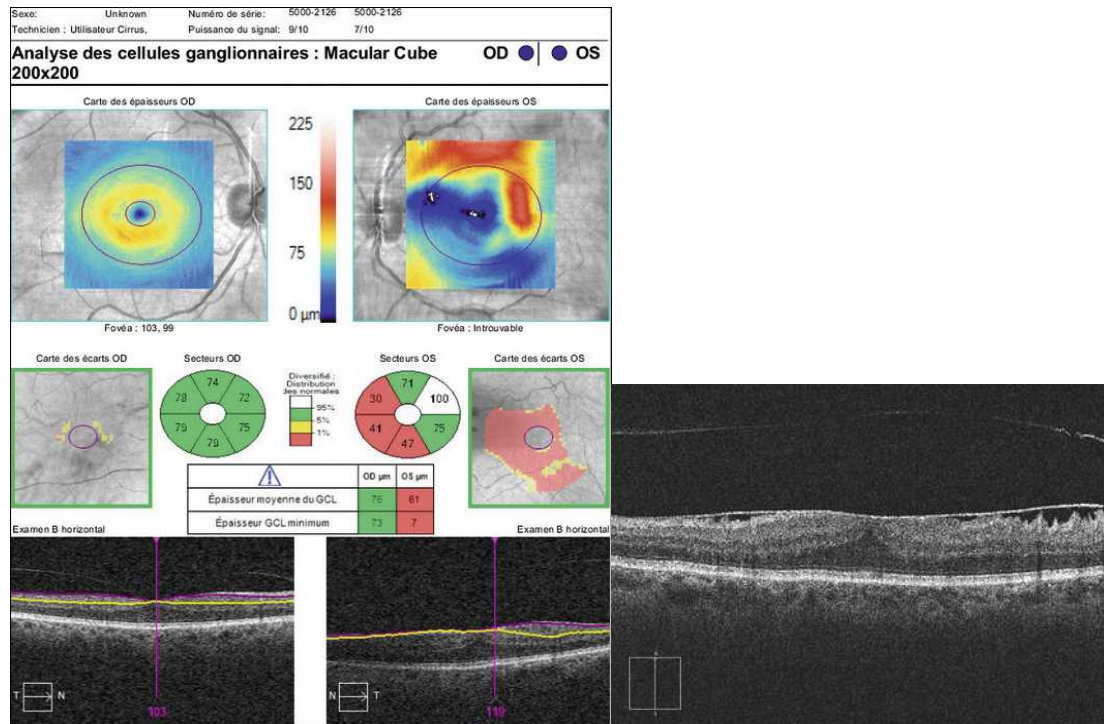


Figure 51 : a, b. Relevé avec erreur de segmentation par membrane épitréiniennne (MER) de l’œil gauche (b) [34]

- **Pièges spécifiques à l’analyse de la TNO**

Les dysversions papillaires sont encore mal analysables en OCT-SD.

Tous ces pièges soulignent l’importance de leur recherche par un examen clinique systématique soigneux avant la réalisation de l’examen.

Les récents systèmes de contrôle « eye-tracking », maintenant disponibles pour l’acquisition des images, ont permis de réduire la fréquence des défauts d’alignements initialement observés jusque dans 30 % des relevés et liés aux microsaccades oculaires au cours de la fixation, mais semble-t-il sans conséquence sur la mesure de l’épaisseur des FNR.

Nous retiendrons que tout scan, même avec un signal d’acquisition de haute qualité précis et reproductible, peut présenter des artéfacts qui doivent être connus et recherchés car susceptibles d’affecter l’interprétation finale [34].

II.2.5. Traitement

Le traitement du glaucome vise à réduire la pression intraoculaires par des moyens médicaux, physiques et/ou chirurgicaux. Les collyres sont en général utilisés comme traitement initial. Parmi les molécules disponibles, les analogues des prostaglandines sont en première ligne car ils sont très efficaces et ont peu d’effets secondaires systémiques. Les bêtabloquants, les inhibiteurs locaux de l’anhydrase carbonique et les alpha2-agonistes

constituent les autres classes les plus utilisées. La pilocarpine, l'acétazolamide et les agents osmotiques ont des indications particulières. Les combinaisons fixes améliorent la compliance et la qualité de vie des patients utilisant plusieurs antiglaucomateux. Pour assurer le confort des patients et diminuer leur toxicité, l'avenir pour les collyres est qu'ils soient exempts de conservateurs. L'échec, l'insuffisance, l'intolérance ou la non compliance au traitement médical, pousseront le praticien à réaliser une trabéculoplastie, voire une trabéculectomie. La première technique a cependant une efficacité qui reste souvent limitée dans le temps ; la deuxième expose à des complications inhérentes à toute chirurgie. Dès lors, malgré de bons résultats, elles sont rarement proposées en première intention [35].

II.3. Glaucome préperimétrique

II.3.1. Généralités

Le glaucome préperimétrique (GPP), stade initial de la neuropathie optique glaucomateuse, se caractérise par :

- l'existence d'une dégénérescence des fibres nerveuses rétiniennes (FNR),
- l'absence de déficits caractéristiques au champ visuel en périmétrie automatisée standard (PAS), mais présence de déficits précoces au champ visuel en périmétrie à doublage de fréquence (FDT-Matrix™) ;
- un angle iridocornéen ouvert associé à un certain nombre de facteurs de risque, avec tout d'abord une élévation ou non de la pression intraoculaire (PIO) et, à un degré plus au moins important, d'autres facteurs de risque de neuropathie optique glaucomateuse : oculaires, familiaux, génétiques, vasculaires, etc.

Stade initial de la conversion d'une hypertension intraoculaire (HTO) isolée vers le GPAO, le GPP représente le premier passage de celle-ci vers la neuropathie optique glaucomateuse, le plus souvent chronique et lent [21].

II.3.2. Épidémiologie

La prévalence du glaucome préperimétrique a été estimée à 5,5% dans une population n'ayant pas de tension artérielle systémique et à 9,4% dans une population ayant la tension artérielle systémique en Inde [36].

II.3.3. Évaluation du glaucome préperimétrique

La détection précoce de la neuropathie optique glaucomateuse à ce stade est essentielle pour préserver la fonction visuelle chez ces patients souvent asymptomatiques. Une approche minutieuse est donc nécessaire et nous pouvons définir une démarche méthodique en six étapes que nous rappellerons brièvement : l'analyse des facteurs de risque, l'évaluation précise de la PIO et de l'implication des facteurs cornéens, l'étude de l'angle iridocornéen et du segment antérieur du globe oculaire, l'examen stéréoscopique de la TNO et des FNR, l'évaluation du relevé de l'analyse du champ visuel et, enfin, l'analyse des résultats des nouvelles techniques d'imagerie.

A. Évaluation des antécédents et des facteurs de risque

Le but est d'obtenir une approche la plus précise possible de l'histoire du patient et d'évaluer les facteurs de risque. Il est important de revoir l'ensemble de ces facteurs bien connus dans le GPAO, développés par ailleurs, et incluant les antécédents familiaux, surtout chez les parents du premier degré, les antécédents généraux (vasculaires, utilisation antérieure

de stéroïdes au long cours, etc.), l'âge (supérieur ou égal à 40 ans), l'ethnie, les facteurs de risques oculaires (ancienneté de l'HTO, antécédent de traumatisme oculaire, myopie, etc.).

B. Évaluation de la PIO

L'évaluation précise de la PIO est un temps important de l'évaluation du GPP, aussi bien celle de la PIO maximale non traitée que celle des fluctuations de PIO corrélées avec la progression de la neuropathie optique glaucomateuse. La tonométrie par aplanation reste la technique de référence et doit être utilisée pour une évaluation de qualité. L'interprétation des mesures doit se faire en fonction de l'épaisseur cornéenne centrale (ECC) mesurée en pachymétrie, en ayant toujours à l'esprit la notion d'une sous-estimation de l'effet délétère d'un chiffre pressionnel en cas de cornée fine et d'une surestimation en cas d'épaisseur cornéenne élevée (ECC normale = $540 \pm 30 \mu\text{m}$) [21].

C. Évaluation de l'AIC et des autres éléments du SA du GO

L'examen biomicroscopique du segment antérieur est important afin d'identifier un certain nombre de facteurs oculaires (dispersion pigmentaire, syndrome exfoliatif, etc.) qui peuvent être à l'origine d'un glaucome secondaire à venir. On recherchera en particulier toute anomalie du bord pupillaire, l'existence de défauts iriens transilluminables, de matériel exfoliatif, d'un aspect poivre et sel atrophique irien, la présence de dépôt pigmentaire au niveau de l'endothélium cornéen et/ou au niveau de l'angle iridocornéen associée à des dépôts également au niveau de la zonule et/ou de l'équateur du cristallin ; tous évocateurs d'un glaucome secondaire existant ou à venir.

L'examen de l'angle iridocornéen est un temps essentiel, avec une gonioscopie dynamique en cas de doute sur l'ouverture de l'angle iridocornéen.

Les autres examens type OCT du segment antérieur et échographie UBM peuvent exceptionnellement, en fonction du contexte clinique (doute diagnostique, angle très étroit, etc.), présenter un intérêt, mais ils n'ont pas leur place dans l'évaluation courante du GPP [21].

D. Évaluation stéréoscopique de la TNO

L'examen méthodique, détaillé et sous dilatation de la TNO reste un élément clé de l'évaluation du GPP et de l'enregistrement de sa progression. L'analyse biomicroscopique du couple indissociable représenté par l'anneau neurorétinien (ANR) et l'excavation doit être minutieuse, avec une documentation précise de leurs caractéristiques, ainsi que celle du rapport C/D, en particulier vertical, qui doit être évalué en fonction de la taille du disque optique (DO). Il faut savoir éliminer les faux positifs, en particulier en cas de présence d'un

DO de grande taille. Enfin, le bilan est complété par la réalisation d'une photographie couleur de la TNO au rétinographe non mydriatique et sa répétition annuelle est fortement recommandée (**Figure 52**) [21].

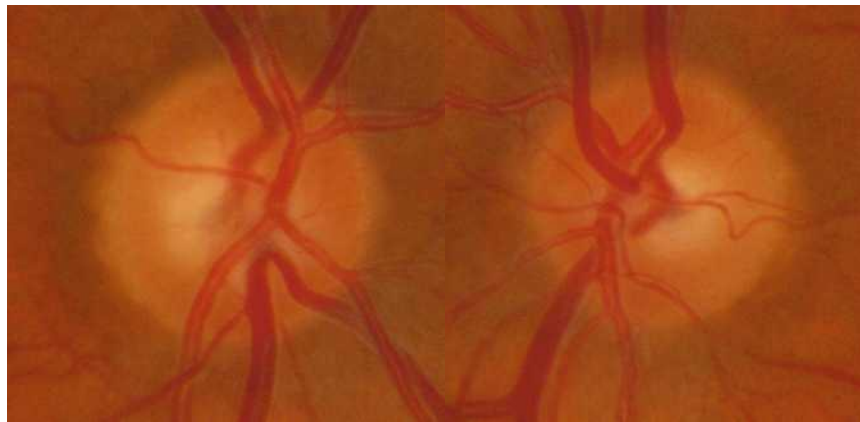


Figure 52 : glaucome préperimétrique a, b. Rétinophotographies œil droit (OD) et œil gauche (OG) [21]

E. Évaluation du champ visuel

Cette évaluation constitue le temps essentiel de l'évaluation du GPP. Elle passe par la confirmation dans un premier temps de l'absence de déficit fonctionnel détectable par la technique de référence standard, en PAS blanc-blanc au programme SITA Standard de l'Humphrey ou G2 de l'Octopus (**Figure 53**) [21].

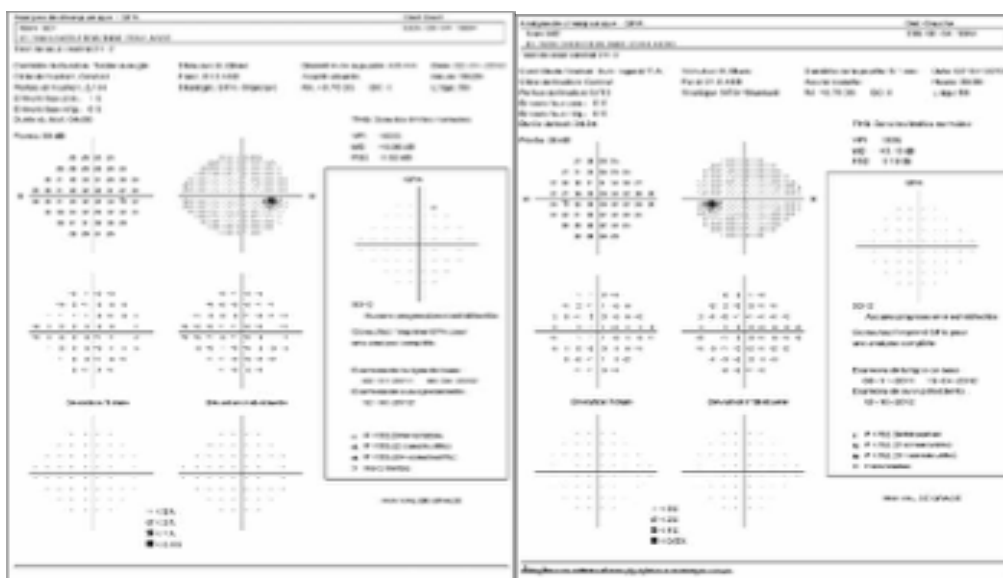


Figure 53 : glaucome préperimétrique a, b. Relevés PAS blanc blanc OD et OG avec suivi d'évolution [21]

F. Imagerie automatisée de l'atteinte structurale

Plusieurs systèmes d'imagerie sont facilement disponibles pour venir en aide dans le diagnostic et la prise en charge du GPP ainsi que pour le suivi de la progression.

L'ophtalmoscopie confocale à balayage laser (CSLO-HRT3), la polarimétrie à balayage laser (GDx) et surtout la tomographie par cohérence optique (OCT-SD) permettent la mise en évidence d'un certain nombre de modifications structurales quantifiables comme les pertes en FNR et les encoches de l'ANR qui précèdent souvent les pertes fonctionnelles au niveau du champ visuel, et qui peuvent ainsi être mesurées afin de déterminer un risque initial et un suivi approprié.

A l'OCT-SD, les atteintes temporelles inférieures de l'épaisseur des fibres nerveuses rétiniennes et du complexe ganglionnaire maculaire sont les atteintes les plus fréquentes pour ces glaucomes car elles correspondent à une zone de vulnérabilité particulière du nerf optique aux atteintes glaucomateuses débutantes (Figure 54) [34].

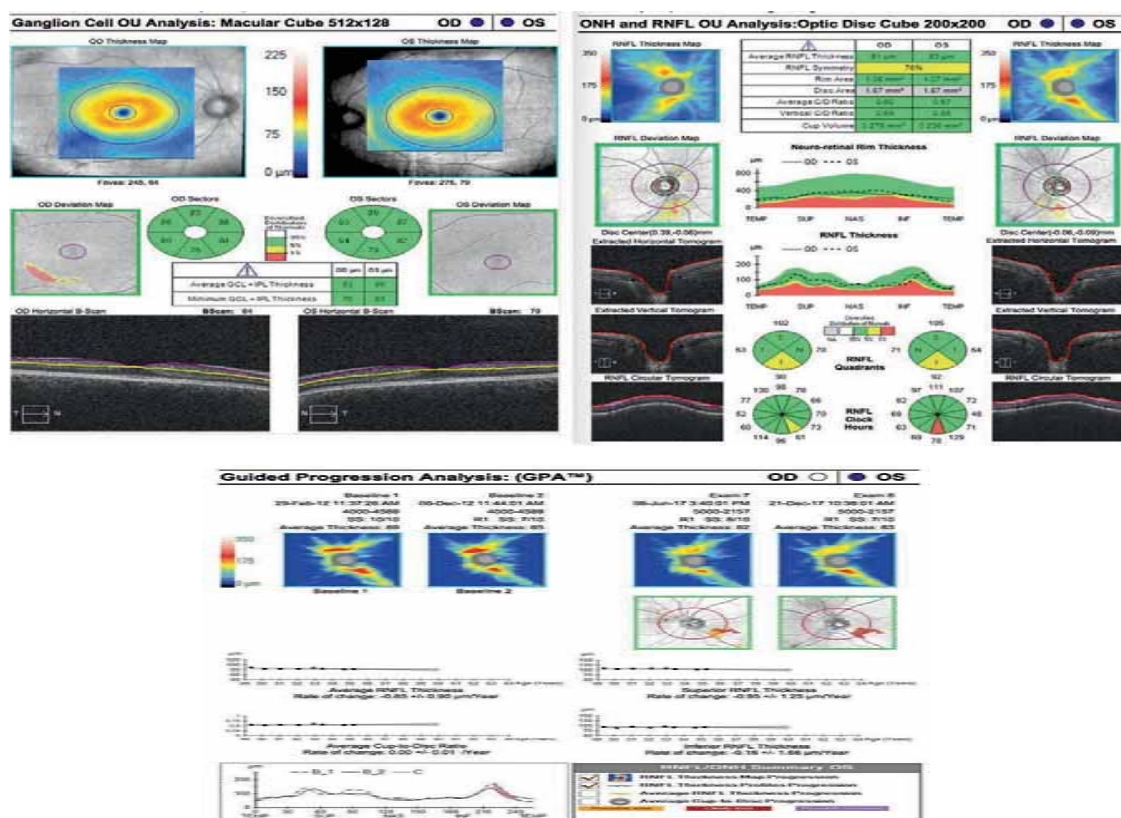


Figure 54 : rapport OCT d'un glaucome préperimétrique [34]

II.3.4. Traiter le glaucome préperimétrique ?

Le but de la prise en charge de la neuropathie optique glaucomateuse est de préserver la fonction visuelle et de maintenir la qualité de vie du patient.

Y'a-t-il un inconvénient à retarder la mise en place d'un traitement d'un patient atteint de GPP ?

Nous ne disposons pas à l'heure actuelle d'étude randomisée concernant uniquement les patients atteints de GPP.

Étant donné la qualité et la performance des techniques d'évaluations longitudinales actuelles pour dépister une progression éventuelle de l'atteinte structurale et détecter une atteinte fonctionnelle débutante, nous pouvons éviter le traitement de tous les patients atteints de GPP. La détection ainsi plus précoce et plus précise de « progresseurs rapides », mieux sélectionnés, leur permettrait de bénéficier d'un traitement plus adapté, et d'éviter un traitement prophylactique systématique trop précoce [21].

Une analyse de synthèse de différentes études concernant les patients suspects de glaucome a fait l'objet d'une recherche de consensus par 11 experts, avec l'élaboration d'un système de points que l'on puisse attribuer au patient atteint de GPP en fonction de différents facteurs associés, afin d'établir si l'intérêt d'un traitement est approprié, incertain ou inapproprié en fonction des résultats. D'un intérêt certain, cette recherche de consensus présente cependant l'inconvénient de ne pas prendre en compte le rôle potentiel de certains facteurs comme l'ethnie. Elle manque de précision pour d'autres facteurs, et reste encore à valider pour son utilité en pratique clinique courante [21].

A. Évolution progressive

La neuropathie optique glaucomateuse est une affection lentement progressive dans la majorité des cas. Il existe des exceptions où la progression de l'atteinte structurale est nette, même sans changement fonctionnel objectif en PAS, mais qui justifie alors un traitement hypotonisant. Cependant, à côté de ces cas, il en existe de nombreux cas où la confirmation structurale de la neuropathie est moins certaine, avec une absence de perte fonctionnelle visuelle même minime. C'est tout l'avantage des nouvelles techniques d'analyse de progression de suivi, dont nous disposons notamment avec les programmes GPA, qui permettent à la fois de mieux dépister l'atteinte et d'évaluer sa progression [21].

B. Progression variable

Il a bien été établi qu'il existait une variabilité importante du taux de progression de la neuropathie optique glaucomateuse entre les sujets. Cela souligne toute l'importance du suivi étroit de ce type de patients atteints de GPP avec un minimum d'examens initiaux.

Six examens du champ visuel et six examens en OCT sont conseillés, si possible les deux premières années, comme bilan de départ [21].

Il est important de définir le cours individuel de progression de la maladie qui révélera souvent, pour de nombreux GPP, l'absence de traitement hypotonisant nécessaire. On sait en effet et on a bien démontré le manque d'observance d'un traitement prescrit trop précocement source d'une diminution chronique de l'observance du traitement et devenant ainsi un facteur de risque de progression à lui seul pour la neuropathie.

C. Fréquence des contrôles

Le patient atteint de GPP suffisamment informé du risque évolutif et ayant bien compris cette information préfère souvent éviter tout traitement. Ces patients sont beaucoup plus volontaires à un compromis de visites plus fréquentes avec la réalisation, en fonction des circonstances, de tests de dépistages éventuellement plus nombreux. Ces contrôles réguliers sont le gage d'une relation médecin-malade de qualité, à l'origine d'une information renouvelée qui garantit une prise en charge mieux comprise et acceptée par le patient atteint d'un GPP. Ils sont également le gage de l'acceptation de cette évaluation longitudinale avec un meilleur suivi au long cours. Tous ces éléments vont permettre d'augmenter les chances d'une meilleure observance d'un éventuel traitement ultérieur [21].

D. Coût du traitement

L'absence de preuve d'effet bénéfique de l'initiation d'un traitement chez un patient atteint de GPP, sans atteinte fonctionnelle, associé uniquement à l'existence d'une atteinte structurale au niveau de la TNO ou des FNR, combinée avec le progrès technologique des différents moyens diagnostiques et de suivi de la neuropathie optique glaucomateuse justifie une surveillance des patients, qui permet ainsi d'éviter le coût d'un traitement supplémentaire et de réduire la prise en charge de ces patients d'environ 50 %, comme le rapportent plusieurs études [21].

II.4. État des connaissances

Tableau III : état des connaissances

Auteurs	Type d'étude	Titre de l'article	Résultats
Ellong et al. Cameroun 2006	Rétrospective	La prévalence des glaucomes dans une population de Noirs Camerounais	La prévalence des glaucomes primitifs en général est de 4,5% [10]
Garg et al. Inde 2022	Cas témoins	Prévalence du glaucome primitif à angle ouvert préperimétrique chez des hypertendus dans le Nord de l'Inde.	La prévalence du glaucome préperimétrique a été estimée à 9,4% chez les patients ayant une hypertension artérielle systémique et 5,5% chez les patients n'ayant pas d'hypertension artérielle systémique [36].
Masakazu Yamada et al. Japon 2020	Transversale	Étudier la prévalence des maladies oculaires menaçant la vision, y compris le glaucome, chez les sujets qui ont participé à des bilans de santé spécifique au Japon.	La prévalence du glaucome préperimétrique a été estimée à 2,4% [37]
Dohvoma et al. Cameroun 2020	Descriptive	Caractéristiques cliniques des patients nouvellement diagnostiqués avec un GPAO à l'Hôpital Central de Yaoundé-Cameroun	La prévalence du glaucome a été estimée entre 2,2 et 4,4% au cours d'une étude hospitalière menée à l'Hôpital Central de Yaoundé-Cameroun [30]

CHAPITRE III : METHODOLOGIE

III.1. Caractéristiques de l'étude

III.1.1. Type d'étude

Nous avons mené une étude transversale, descriptive et multicentrique.

III.1.2. Lieu de l'étude

Les patients ont été recrutés dans les services d'Ophtalmologie des hôpitaux Gynéco-Obstétrique et Pédiatrique de Yaoundé (HGOPY) et Central de Yaoundé (HCY) ; examinés dans les services d'Ophtalmologie des hôpitaux Gynéco-Obstétrique et Pédiatrique et Militaire de Région N°1 (HMR1) de Yaoundé.

III.1.3. Description des lieux d'étude

Le service d'ophtalmologie de HGOPY est un centre de référence pour la consultation ophtalmologique.

- **Situation géographique** : le service est situé au sein de l'HGOPY qui est un hôpital de première catégorie dans la pyramide sanitaire du Cameroun. L'HGOPY est situé dans l'arrondissement de Yaoundé 5^{ème}, département du Mfoundi, région du Centre.
- **Caractéristiques infrastructurelles** : l'HGOPY dispose d'un hall d'attente, un bureau d'accueil et orientation, quatre postes de consultation, une salle de paramètres, une salle d'interrogatoire, une salle d'explorations fonctionnelles, une salle de soins, une salle de réunion, une salle des résidents, un bureau pour les ophtalmologues, un bureau pour le major et trois toilettes.
- **Administration** : le personnel administratif est composé d'un chef de service et un major.
- **Ressources humaines** : le personnel de service est constitué : de quatre médecins ophtalmologues, d'un major, d'un opticien réfractionniste, d'une infirmière brevetée accoucheur et d'une aide-soignante.

L'Hôpital Central de Yaoundé : hôpital de 2^{ème} catégorie situé dans le 2^{ème} arrondissement de la ville de Yaoundé au quartier Grand Messa.

- **Situation géographique** : il est limité au Nord par la fondation Chantal Biya, au Sud par le Centre des Urgences de Yaoundé, à l'est par le Centre Pasteur et à l'ouest par la Centrale Nationale de Médicaments Essentiels (CENAME).
- **Caractéristiques infrastructurelles** : ce service d'ophtalmologie comprend : une salle de réception pour renseignements, accueil des malades, archivage des dossiers et préparation des fiches de consultation ; cinq salles de consultation avec six lampes à fente fonctionnelles, une salle de tonométrie, de réfraction et d'acuité visuelle ; trois

salles d'exploration fonctionnelles comprenant un champ visuel automatisé, un tonopachymètre, un test de Lancaster ; une salle de laser comprenant deux lasers, un appareil d'angiographie et un appareil d'optical coherence tomography (OCT) ; une salle de Wetlab ; trois salles d'hospitalisation contenant quatre lits chacune ; une salle de soins et de petite chirurgie ; une salle de garde des infirmiers ; une salle de réunion ; un bureau du chef de service ; une salle de facturation, pharmacie et dilatation ; deux bureaux dont l'un pour les médecins résidents et l'autre pour les ophtalmologues ; un bureau du major et une lunetterie.

- **Ressources humaines :** le personnel de ce service est composé de : sept médecins ophtalmologues, quatre infirmiers spécialisés en ophtalmologie, deux infirmiers principaux, d'un aide-soignant et d'un agent d'entretien.

L'Hôpital Militaire de Région N°1 de Yaoundé : est une structure sanitaire avec plusieurs services spécialisés parmi lesquels un service d'ophtalmologie, qui dispose d'un appareil d'OCT, mis à notre disposition par le chef de service et le Médecin Chef de l'HMR1 pour la réalisation gratuite de l'examen d'OCT papillaire avec analyse du complexe ganglionnaire maculaire des participants.

- **Situation géographique :** il est situé au Boulevard de la réunification dans l'arrondissement de Yaoundé 3^{ème}, département du Mfoundi, région du Centre.
- **Caractéristiques infrastructurelles :** le service d'ophtalmologie dispose entre autres d'une salle d'attente, d'un secrétariat, deux salles de consultations, d'une salle de soins et d'archives, d'une salle d'exploration fonctionnelle, d'une salle d'OCT avec un appareil OCT Advance RS 3000 de Nidek, d'un bloc opératoire, d'un bureau de Chef de service et de deux toilettes.
- **Administration :** le personnel administratif est composé d'un chef de service et d'un chef d'unité technique.
- **Ressources humaines :** le personnel de service est constitué : de trois ophtalmologues, d'un orthoptiste, d'un technicien supérieur en ophtalmologie, de deux infirmières et d'une secrétaire médicale.

III.1.4. Période/Durée de l'étude

Notre étude s'est déroulée du 1^{er} octobre 2022 au 31 juillet 2023, soit une durée de 10 mois.

III.2. Population d'étude

III.2.1. Population cible

Elle était constituée de tous les patients ayant une suspicion de glaucome (glaucome chronique à angle ouvert) c'est-à-dire que les résultats cliniques suggèrent mais ne confirment pas l'existence d'un glaucome (atcd familial de glaucome ou atcd personnel de myopie à l'interrogatoire, AIC ouvert à l'examen gonioscopique, PIO ajustée normale ou élevée au tonomètre à air pulsé non contact, excavation de la tête du nerf optique $\geq 3/10$, amincissement de l'ANR, règle ISNT non respectée, exclusion d'un vaisseau circumlinéaire, encoche papillaire ou visibilité de la lame criblée) âgés d'au moins 21 ans et suivis dans les services d'Ophthalmologie de l'Hôpital Gynéco-Obstétrique et Pédiatrique et de l'Hôpital Central de Yaoundé.

III.2.2. Critères d'inclusion

Ont été inclus dans notre étude tous les patients âgés d'au moins 21 ans ayant un glaucome chronique à angle ouvert à l'examen clinique avec un champ visuel automatique normal à la périmétrie automatisée standard (Octopus 300) après élimination des effets d'apprentissage durant notre période d'étude et volontaire d'y participer.

III.2.3. Critères de non inclusion

Ont été considérés comme non inclus, tous les yeux de patients :

- Ayant un trouble des milieux ;
- Ayant un glaucome confirmé.

III.2.4. Critères d'exclusion

Étaient exclus de notre étude, tous les yeux de patients :

- Présentant un OCT non interprétable ou ayant un mauvais signal ;
- Ne désirant pas participer à l'étude.

III.3. Échantillonnage

Il s'agit d'un échantillonnage consécutif et non exhaustif des patients répondant à nos critères d'inclusion.

III.4. Variables étudiées

Les variables étudiées ont été classées en variables épidémiologiques, cliniques et paracliniques :

- **les caractéristiques épidémiologiques** : l'âge, le sexe, la profession, la fréquence.
- **les antécédents personnels et familiaux** : l'HTA, le diabète, la myopie, la PIO, les antécédents familiaux de glaucome.

- **les caractéristiques fonctionnelles** : atteintes au champ visuel.
- **les caractéristiques structurelles** : atteintes à la tomographie par cohérence optique.

III.5. Procédure

III.5.1. Procédures administratives (obtention des autorisations de recherche)

Nous avons obtenu la clairance éthique du Comité Institutionnel d'Éthique et de la Recherche de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé, ainsi que l'autorisation administrative auprès du Directeur Général de l'Hôpital Gynéco-Obstétrique et Pédiatrique de Yaoundé, du Directeur de l'Hôpital Central de Yaoundé et du Médecin Chef de l'Hôpital Militaire de Région N°1 de Yaoundé.

III.5.2. Recrutement

Après nous être présenté(e), nous les avons sensibilisés au sujet de l'impact du glaucome sur les activités du quotidien, ainsi que sur l'importance du dépistage précoce de cette maladie. Nous avons expliqué aux patients le but, la procédure, les bénéfices, les contraintes et les risques de la participation à l'étude, les examens complémentaires y afférents (ex : réalisation de l'OCT, caractère inoffensif, gratuité et autres avantages) et une fiche d'information leur a été remise. Nous les avons éduqués sur les possibles résultats que nous pourrions avoir et sur le fait que la prise en charge de leur pathologie n'entrerait pas dans le cadre de notre étude. Après obtention du consentement éclairé écrit du patient, nous avons échangé les contacts téléphoniques afin que les volontaires se sentent libres de nous contacter à tout moment pour plus d'informations et nous signaler d'éventuels effets indésirables tels que la gêne à la participation de l'étude.

L'étude a nécessité deux visites et à chaque visite nous nous sommes assurés du port du cache-nez pour tous les patients et accompagnateurs.

➤ **Visite initiale**

Elle s'est faite à l'unité d'ophtalmologie de l'HGOPY et de l'HCY, tous les lundis et mercredis pour l'HGOPY et tous les vendredis pour l'HCY de notre période d'étude. Il a été question de prendre attache avec tous les patients ayant une suspicion de glaucome âgés d'au moins 21ans. Après vérification des critères d'inclusion et signature de la fiche de consentement éclairé, le questionnaire de notre fiche de collecte de données a été soumis aux patients puis, nous avons effectué un examen ophtalmologique de la manière suivante :

- l'interrogatoire : âge, sexe, antécédents personnels ophtalmologiques et généraux, antécédent familial de glaucome ;

- la mesure œil par œil de l'acuité visuelle de loin (AVL) et de près (AVP) sans correction optique et avec correction optique (pour ceux qui en auront) œil par œil à l'aide d'une échelle de Moneyer, ou des E de Snellen pour les analphabètes, à la distance correspondant à l'échelle utilisée. La Onzième Classification Internationale des Maladies (CIM-11) de 2018 [38] sera utilisée :

Tableau IV : classification de la sévérité de la déficience visuelle basée sur l'acuité visuelle du meilleur œil

Catégorie	Acuité visuelle du meilleur œil	
	Inférieure à	Supérieure ou égale à
Déficience visuelle légère	5/10	3/10
Déficience visuelle modérée	3/10	1/10
Déficience visuelle sévère	1/10	1/20
Cécité	1/20	
Déficience de la vision de près	N6 ou 0,8M à 40 cm	

- la réalisation d'une tonométrie à l'aide d'un tonomètre à air pulsé non contact de marque MEDA qui utilise un jet d'air pour aplanir la cornée jusqu'à la rendre concave, mais en passant par une phase où la surface aplanie présente le meilleur angle de réflexion entre la source lumineuse et un capteur électronique à infrarouge relié à une cellule photo-électrique. C'est ce maximum qui est détecté et enregistré comme moment de la mesure. Le temps écoulé entre la délivrance du jet d'air et la réflexion maximale sur la cornée peut être converti linéairement en une valeur de PIO. Dans les appareils les plus récents, la puissance du jet d'air délivrée par le tonomètre est progressive, sans à-coup, ce qui limite la gêne perçue par le patient ;
- la réalisation d'une pachymétrie à l'aide d'un pachymètre, qui permet la mesure de l'épaisseur centrale de la cornée, essentielle dans l'interprétation des valeurs de la PIO. La valeur moyenne de l'ECC est comprise entre $529,29 \pm 35,9$ mmHg dans notre contexte [39]. Une cornée épaisse est un facteur de surestimation de la PIO et une cornée mince est un facteur de sous-estimation de la PIO ;
- l'examen à la lampe à fente qui permet l'analyse du SA, la réalisation de la gonioscopie révélant un AIC ouvert ou fermé décrit selon la classification de Schaffer-Etienne ;

- l'examen du fond d'œil à l'aide de la lentille non contact type VOLK après dilatation pupillaire au moyen de collyres mydriatiques (Tropicamide 0,5% collyre) ;
- la réalisation du champ visuel à l'aide de l'appareil Octopus 300 à l'Hôpital Gynéco-Obstétrique et Pédiatrique de Yaoundé. Les critères qui définissent un champ visuel normal sont les suivants :
 - meilleure acuité visuelle corrigée supérieure ou égale à 3/10 ;
 - critères de qualité bons c'est-à-dire pertes de fixation inférieures à 20%, faux positifs et faux négatifs inférieures à 33%, temps de réalisation de l'examen inférieure ou égale à 2 minutes et demi, taille de la pupille normale, examen réalisé avec correction optique ou pas ;
 - échelle de gris normale ;
 - courbe de BEBIE dans l'intervalle de confiance ;
 - indices globaux normaux c'est-à-dire MD entre -2 et 2 dB.

A noter qu'un champ visuel datant de moins de 3 mois détenu par le malade et non réalisé avec notre appareil ne sera pas pris en compte. Il sera réalisé de manière gratuite dans l'Hôpital requis.

- la réalisation de l'OCT papillaire avec analyse du CCGm à l'aide de l'appareil Nidek RS Advance 3000 à l'Hôpital Militaire de Région N°1 de Yaoundé. La lecture d'un relevé normal d'OCT s'effectue de haut en bas et de gauche à droite en 8 étapes. A la partie supérieure du relevé vérifier l'identité du patient, ainsi que sa date de naissance qui permet les analyses statistiques et la comparaison des résultats de sujets de même âge enregistrés dans la base normative de l'appareil. Les 8 étapes de l'analyse sont les suivantes :
 - vérifier la puissance du signal (SS) qui dans le cas de notre appareil est normale lorsqu'elle est supérieure à 7/10 ;
 - vérifier la carte des épaisseurs de la couche des FNR sur l'ensemble de la surface du cube d'acquisition qui donne sur un relevé normal un aspect en sablier ou en aile de papillon (jaune et rouge) où il est important de rechercher une asymétrie entre les secteurs supérieur et inférieur ainsi qu'une zone déficitaire débutante périphérique (encoche bleue dans les secteurs jaune-rouge) qui peut être décelée ;
 - vérifier la carte de déviation ou des écarts de l'épaisseur de la couche des FNR, qui par rapport aux valeurs normales du sujet de même âge, met en évidence les points en dehors de l'intervalle de confiance défini à partir de la base de données normative (en jaune et en rouge) ;

- vérifier la représentation de l'épaisseur de la couche des FNR, qui est mesurée au niveau de chaque scan-A du cercle de mesure péripapillaire, correspond à une image en déroulé ou « graphe TSNIT » avec la distribution colorée des valeurs normales en fonction de l'âge du sujet par rapport à la base normative de l'OCT-SD utilisé ;
- vérifier le graphe TSNIT du bord de l'ANR qui évalue le déroulé de l'épaisseur de l'ANR mesurée à partir des extrémités de la membrane de Bruch avec la distribution colorée des valeurs normatives en fonction de l'âge du sujet ;
- un scan B horizontal et un scan B vertical agrandis permettent de vérifier la bonne localisation, par l'algorithme de l'OCT, des extrémités de la membrane de Bruch (noires) qui marquent les limites de la TNO, et des projections au niveau de la surface de la limitante interne (rouge) pour déterminer le bord de l'ANR ;
- une attention particulière sera portée aux valeurs de l'épaisseur moyenne de la couche des FNR, à celle des quadrants supérieur et inférieur, ainsi qu'à celle d'au moins deux méridiens horaires contigus, avec une représentation colorimétrique par rapport aux données de la base normative de l'OCT ;
- le déroulé du scan-B circulaire extrait du cube papillaire, ainsi que les limites internes et externes de la couche des FNR, constituent un important critère de fiabilité pour vérifier le bon centrage dans la fenêtre d'acquisition et la qualité de la segmentation des couches rétinienne par l'algorithme en cas d'anomalie sur le relevé. Il permet de rechercher une erreur de segmentation ou une baisse de signal localisée malgré une bonne puissance du signal.

A la fin de cette visite, des groupes ont été constitués selon la disponibilité des patients pour la visite suivante ; une note indicative leur a été remise pour indiquer le lieu et l'heure de la prochaine visite de même que le contact de l'investigateur pour des renseignements supplémentaires éventuels. Les patients ont été contactés la veille du jour prévu pour la seconde visite en vue de la leur rappeler et de prendre en compte d'éventuels changements dans leurs programmes respectifs.

Les données ont été consignées dans la fiche technique de collecte. Les informations ont été confidentielles, codées, et consignées dans une banque de données uniquement accessible par notre équipe.

➤ **Deuxième visite**

Elle s'est tenue les mardis et jeudis à l'HMR1. Dès l'arrivée des patients, ils ont été reçus et installés dans la salle d'attente où l'on a débuté la dilatation pupillaire à l'aide du Tropicamide 0,5% en collyre à raison d'une goutte toutes les cinq minutes jusqu'à dilatation.

Pendant le séjour en salle d'attente le counseling a été fait sur l'OCT papillaire et l'analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaires abordant tour à tour ce qu'est cet examen, son but, son caractère inoffensif, les modalités de sa réalisation. Les patients ont été également informés de ce que les résultats de l'OCT seront remis ultérieurement.

Lorsque la pathologie glaucomateuse a été retrouvée, le patient a été réorienté vers sa structure de base. Rendu à la fin de cette visite, le counseling a été renforcé sur l'importance de suivre à la lettre le rythme de surveillance préconisée (surveillance rapprochée) pour ceux dont le diagnostic ne s'est pas avéré ou ceux chez qui on aura posé le diagnostic de GPP.

III.6. Outils de recrutement

Pour la réalisation de notre étude, nous avons utilisé :

III.6.1. Matériel : instruments

- Fiche technique de recueil de données ;
- Notice d'information ;
- Formulaire de consentement éclairé ;
- Échelles d'acuité visuelle de Monoyer, de Snellen et de Parinaud ;
- Lampe à fente ;
- Lentille non contact type VOLK ;
- Appareil Octopus 300 pour le Champ visuel dans les Hôpitaux Gynéco-Obstétrique et Pédiatrique et Central de Yaoundé et Nidek RS Advance 3000 pour la réalisation des OCT papillaires et l'analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaires à l'Hôpital Militaire de Région N°1 de Yaoundé.

III.6.2. Matériel : consommables

- Collyre Tropicamide 0,5% (Mydriaticum) ;
- Eau ;
- Coton hydrophile.

III.7. Analyses statistiques

Les données recueillies ont été consignées sur les fiches techniques anonymes puis saisies et analysées à l'aide des logiciels informatiques SPSS V.26.0, avec l'aide d'un statisticien.

Les variables qualitatives ont été décrites par leurs effectifs et pourcentages ; les variables quantitatives par leur moyenne \pm écart-type ou médiane en fonction de la normalité de la distribution.

Nous avons utilisé un seuil d'erreur α de 5%. Les valeurs moyennes ont été exprimées avec leur intervalle de confiance à 95%. Les différences étaient considérées comme statistiquement significatives pour les valeurs de $p < 0,05$.

Les illustrations des résultats seront conçues à l'aide du logiciel Microsoft Office Word et Excel 2013, ensuite représentées sous forme de figures ou de tableaux.

III.8. Considérations éthiques

Pour mener à bien notre étude, nous avons obtenu :

- une clairance éthique du comité institutionnel d'éthique de la recherche (CIER) de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales (FMSB) de l'Université de Yaoundé I (UY1) ;
- une autorisation de recherche des Directeurs de l'HGOPY, de l'HCY et de l'HRM1 ;
- un consentement éclairé du patient, par ailleurs le patient chez qui sera découverte une pathologie glaucomateuse se verra réorienté vers sa structure sanitaire d'origine pour une prise en charge ;
- la possibilité pour lui de se retirer sans contrainte de l'étude.

III.9. Dissémination de l'étude

A la fin de notre étude, ce travail sera soumis à l'appréciation de nos Maîtres lors d'une soutenance publique de mémoire. Ensuite, nous déposerons des exemplaires corrigés à la bibliothèque de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé I. Enfin, ce travail fera l'objet éventuellement d'une publication dans une revue scientifique nationale ou internationale, ainsi que de présentations dans des congrès nationaux ou internationaux.

III.10. Définition des termes opérationnels

- **Fréquence** : nombre de cas sur l'effectif total.
- **Gchart normal** : la carte d'analyse de celui-ci repose sur l'épaisseur moyenne de chaque secteur entourant la macula avec un code couleur basé sur une comparaison avec une base de données normative (vert pour normal, jaune pour borderline et rouge pour perte active).

III.11. Conflit d'intérêt

Aucun.

CHAPITRE IV : RÉSULTATS

IV.1. Population d'étude

Au total, 69 patients ont été reçus et sensibilisés dans les hôpitaux Gynéco-Obstétrique et Pédiatrique et Central de Yaoundé. Tous ont consenti à participer à l'étude, soit un taux de participation de 100%. Parmi ceux-ci, 10 (14,49%) ont été perdus de vue, 29 (42,03%) avaient un champ visuel automatique anormal (exclus de notre étude) et 30 (43,48%) un champ visuel automatique normal. Des 30 patients (58 yeux) ayant un champ visuel automatique normal, une tomographie à cohérence optique de la papille avec analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaire a été réalisée. Celle-ci révélait 14 patients (27 yeux, 45%) avec une tomographie à cohérence optique normale et 16 (31 yeux, 51,67%) avec une tomographie à cohérence optique anormale (glaucome préperimétrique). Au final, 31 yeux ont été retenus pour notre étude.

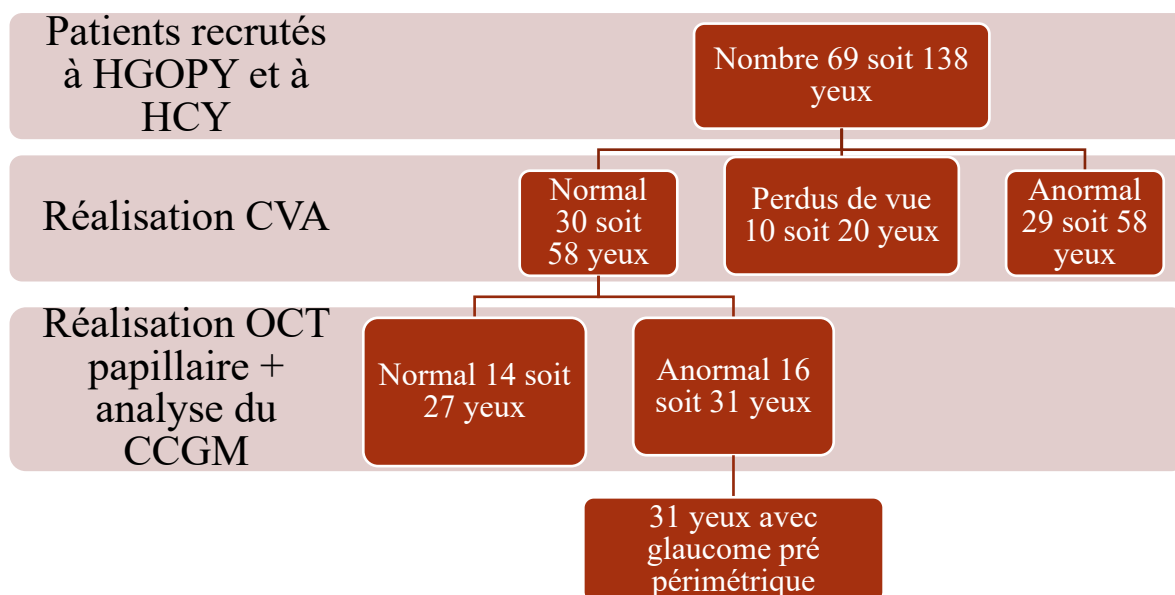


Figure 55 : ordinogramme des patients

IV.2. Caractéristiques épidémiologiques des patients suspects de glaucome

IV.2.1. Profil sociodémographique

Sur les 16 patients présentant un glaucome préperimétrique, 4 étaient âgés de moins de 40 ans, soit 25% et 12 avaient un âge supérieur ou égal à 40 ans, soit 75%.

Le sexe féminin était prédominant avec 10 femmes (62,5%) contre 6 hommes (37,5%), soit un sex ratio de 0,6.

Des 16 patients présentant un glaucome préperimétrique, ceux exerçant dans le secteur privé étaient prédominants à 8, soit 50%.

L'antécédent familial de glaucome était le facteur de risque prédominant, retrouvé chez 6 patients, soit 37,5% (N=16).

Nous ne retrouvons aucune différence significative pour chacune des variables dans les deux groupes. Le tableau V montre la répartition de la population en fonction des caractéristiques sociodémographiques.

Tableau V : répartition de la population en fonction des caractéristiques sociodémographiques

Variables	Glaucome	Suspicion glaucome	P < 0,05
	préperimétrique N=16 n (%)	N=14 n (%)	
Âge (en années)			0,122
< 40	4 (25)	6 (42,86)	
≥ 40	12 (75)	8 (57,14)	
Sexe			0,696
Hommes	6 (37,5)	5 (35,71)	
Femmes	10 (62,5)	9 (64,29)	
Profession			0,873
Fonctionnaire	3 (18,75)	4 (28,58)	
Privé	8 (50)	7 (50)	
Étudiant/Élève	1 (6,25)	1 (7,14)	
Sans emploi	2 (12,5)	1 (7,14)	
Retraité	2 (12,5)	1 (7,14)	
Facteurs de risque			
HTA	5 (31,25)	3 (21,43)	0,689
Diabète	3 (18,75)	0 (0)	0,228
Myopie	2 (12,5)	1 (14,29)	1
Atcd familial de glaucome	6 (37,5)	9 (64,29)	0,143
Cécité	4 (25)	4 (28,57)	1
Traumatisme	0 (0)	2 (14,29)	0,209

IV.2.2. Fréquence du glaucome préperimétrique dans la population d'étude

Le glaucome préperimétrique était retrouvé dans 31 yeux parmi les 58 yeux inclus dans notre étude, soit une fréquence de 53,45% (31/58).

IV.3. Aspects cliniques ophtalmologiques de la population d'étude

IV.3.1. Acuité visuelle

L'acuité visuelle de loin corrigée était supérieure à 5/10^{ème} dans les 31 yeux retenus pour notre étude, soit 100%.

IV.3.2. Tonométrie

La moyenne des pressions intraoculaires était de $15,5 \pm 3,3$ mmHg avec des extrêmes allant de 8,3 à 21,7 mmHg pour les 31 yeux. Parmi ceux-ci (31 yeux), 28 (90,32%) avaient une PIO < 21mmHg et 3 (9,68%) une PIO \geq 21mmHg.

IV.3.3. Pachymétrie

La moyenne des pachymétries était de $538,7 \pm 22,3$ μ m avec des extrêmes allant de 506 à 607 μ m dans les 31 yeux. Trois yeux, soit 9,68% présentaient une cornée épaisse et 28 yeux, soit 90,32% une cornée normale. Aucun amincissement de la cornée n'était noté.

IV.3.4. Tonométrie ajustée

La moyenne des pressions intraoculaires ajustées à la pachymétrie était de $15,9 \pm 3,3$ avec des extrêmes allant de 9,3 à 22 mmHg pour nos 31 yeux. Vingt-neuf yeux présentaient une PIO < 21mmHg et 2 yeux une PIO \geq 21mmHg (N=31).

IV.3.5. Degré d'ouverture de l'angle iridocornéen

L'angle iridocornéen était ouvert dans les 31 yeux, soit 100% (N=31).

IV.3.6. Caractéristiques cliniques du fond d'œil

La papille était excavée dans 30 yeux, soit 96,77% (N=31). On retrouvait un rejet nasal des vaisseaux dans la totalité des yeux (N/n=1), soit 100%, et une exclusion du vaisseau circumlinéaire dans 28, soit 90,32%. Ces résultats sont illustrés dans le tableau VI.

Tableau VI : répartition de la population d'étude en fonction des caractéristiques cliniques du fond d'œil

Variables	Effectifs (n)	Pourcentage (%)
Papille excavée	30	96,77
Rejet nasal des vaisseaux	31	100
Exclusion du vaisseau circumlinéaire	28	90,32
Encoche papillaire	27	87,09
Atrophie péripapillaire	31	100

Visibilité de la lame criblée	5	16,13
Papille excavée	30	96,77

IV.4. Caractéristiques périmétriques de la population d'étude

La médiane du Mean Deviation (MD) était de 0,4 dB pour une normale de -2 à 2dB. La moyenne de la variance de la perte (LV) était de $2,9 \pm 1,1\text{dB}^2$ avec des extrêmes allant de 1,1 à 4,9dB.

IV.5. Caractéristiques tomographiques de la population d'étude

IV.5.1. Tête du nerf optique

L'épaisseur moyenne des fibres nerveuses rétiniennes (RNFL) était de $94,03 \pm 14,46\mu\text{m}$ avec des extrêmes allant de 68 à $120\mu\text{m}$. Elle était inférieure à $100\mu\text{m}$ dans 20 yeux, soit 64,52% et supérieur à $100\mu\text{m}$ dans 11 yeux, soit 35,48% (N=31). La papille était excavée dans tous les 31 yeux (cup/disc > 0,3), soit 100%. Le reste des résultats est détaillé dans le tableau VII.

IV.5.2. Analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaire

L'épaisseur maculaire moyenne était effondrée dans 10 (32,26%) yeux (coloration rouge), borderline dans 18 (58,06%) (coloration jaune) et normale dans 3 (9,68%) (coloration verte) en supérieur et en inférieur.

L'analyse du Gchart montre une perte de fibres sévère (coloration rouge) dans les quadrants inférotemporal et inféronasal dans 8 (25,81%) yeux et les quadrants supérotemporal et supéronasal dans 4 (12,90%) yeux. Le tableau VII révèle ces données.

Tableau VII : répartition de la population d'étude en fonction des caractéristiques tomographiques

Variables	Effectifs (n)	Pourcentage (%)
Épaisseur moyenne des FNR		
< $100\mu\text{m}$	20	64,52
$\geq 100\mu\text{m}$	11	35,48
Papille excavée (cup/disc > 0,3)	31	100
Surface de la papille		
Normale	25	80,65
Grande	4	12,90
Petite	2	6,45
Clock Hour		
Normal	8	25,81
Anormal	23	74,19

Épaisseur maculaire moyenne

Effondrée (rouge)	10	32,26
Borderline (jaune)	18	58,06
Normal (vert)	3	9,68

Analyse du Gchart (perte de fibres)

Sévère (quadrants inférotemporal et inféronasal)	8	25,81
Sévère (quadrants supérotemporal et supéronasal)	4	12,90
Modérée (quadrants inférotemporal et inféronasal)	10	32,26
Modérée (quadrants inférotemporal et inféronasal)	5	16,13
Absente	4	12,90

CHAPITRE V : DISCUSSION

V.1 Caractéristiques épidémiologiques

La moyenne d'âge au-delà de la quarantaine dans notre étude explique une fréquence plus grande des patients de plus de 40 ans. Nos résultats se rapprochent de ceux de Dubey Suneeta en 2023 en Inde [40] et Atsipo-Tsiba et al. en 2017 à Brazzaville au Congo [41]. Bakayoko et al. en 2023 à Bamako, dans une étude prospective et descriptive incluant des patients âgés de 18 ans et plus visant à décrire les aspects épidémiologiques, cliniques et paracliniques du glaucome préperimétrique retrouvaient par contre un âge moyen de 35,68 ans [42]. Cette différence pourrait s'expliquer par la méthodologie mise en place dans chaque étude. Une étude menée par Vonor et al. en 2014 au Togo visant à répertorier les principales causes de cécité en milieu rural au Togo révélait que l'âge de survenue du glaucome se situe entre 40 et 49 ans [43].

Dans cette série, 62,5% de patients étaient de sexe féminin et 32,5% de sexe masculin pour un sex ratio de 0,6. Cette prédominance féminine retrouvée chez ces patients est similaire aux données de Bakayoko et al. en 2023 et de Manabe et al. en 2015 au Mali qui retrouvaient respectivement 60% et 61,5% de femmes [42,44]. De même, Ombwa et al. en 2008 au Cameroun, dans une étude hospitalière rétrospective visant à déterminer les caractéristiques épidémiologiques et cliniques du glaucome chronique à angle ouvert (GCAO) retrouvaient une prédominance féminine dans 54,3% des cas [11]. Toujours au Cameroun, Nomo et al. en 2021 dans une étude transversale hospitalière portant sur le déficit pupillaire afférent chez les glaucomateux retrouvaient plutôt une prédominance masculine à 61,7% [45]. Ceci pourrait s'expliquer par la spécificité féminine de notre hôpital d'étude.

L'antécédent familial de glaucome était le facteur de risque le plus retrouvé dans notre série à 37,5%. Ce résultat est similaire aux données obtenus par Dohvoma et al. à Yaounde qui retrouvaient cet antécédent dans 40% [30]. Cette similitude pourrait s'expliquer par le fait que l'hérédité est l'un des principaux facteurs de risque impliqué dans la pathogénie glaucomeuse. En effet, le risque d'avoir un glaucome à angle ouvert est plus élevé chez les patients ayant une parenté du premier degré dont la pathologie glaucomeuse est confirmée.

Le glaucome préperimétrique était retrouvé dans 53,45% des cas dans le groupe de patients avec champ visuel normal. Odoulami-Yehouessi et al. à Cotonou au Bénin en 2015 dans une étude multicentrique visant à déterminer la contribution de la tomographie à cohérence optique dans le diagnostic précoce du glaucome primitif à angle ouvert retrouvaient une fréquence de 44,6% [46]. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le glaucome

préperimétrique est pour la plupart du temps sous diagnostiqué et très souvent négligé des cliniciens justifiant le peu d'études réalisées en Afrique.

V.2. Aspects cliniques ophtalmologiques des patients présentant un glaucome préperimétrique

La totalité des patients de notre série, soit 16 avait une acuité visuelle de loin corrigée supérieur à 5/10 aux 2 yeux. Bakayoko et al. en 2023 à Bamako retrouvaient un résultat similaire [42]. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'au stade préperimétrique, la maladie glaucomateuse n'a pas encore un retentissement sur l'acuité visuelle.

La pression intraoculaire moyenne était de $15,5 \pm 3,3$ mmHg. Nos résultats se rapprochent de ceux de Naoko Aizawa et al. en 2017 au Japon dans une étude observationnelle sur le glaucome préperimétrique qui retrouvaient une moyenne de $16,4 \pm 2,5$ mmHg [47]. De même, Lee Won June et al. avec l'usage d'une tomographie par coherence optique au Swept source retrouvaient un résultat similaire en 2017 [48].

La moyenne des pachymétries dans notre population d'étude était normale, soit $538,7 \pm 22,3\mu\text{m}$ pour l'africain selon Ombwa et al. [39]. Dube Suneeta et al. en 2023 en Inde dans révélait une pachymétrie moyenne normale de $542 \pm 38,4\mu\text{m}$ chez les occidentaux [40].

La pression intraoculaire ajustée à la pachymétrie était normale dans la totalité des yeux des patients de notre étude avec une moyenne de $15,9 \pm 3,3\text{mmHg}$. Ce résultat est similaire à celui de l'étude prospective dans la région du Sud-Est de l'Asie menée par Pradnya et al. en 2018 [49].

V.3. Caractéristiques périmétriques et tomographiques de notre population d'étude

La médiane du Mean deviation était de 0,4 dB dans notre population d'étude, pour une normale comprise entre -2 et +2 dB. Nos résultats se rapprochent de ceux de Hiroko Inuzuka et al. en 2016 au Japon dans une étude de patients diagnostiqués pour un glaucome préperimétrique ayant développé des défauts au champ visuel dans les 3 ans suivant leur diagnostic qui retrouvaient dans leur série une moyenne de $0,74 \pm 0,89$ dB [50]. De même, Naoko Aizawa et al. en 2017 retrouvaient une moyenne du Mean deviation de $-0,48 \pm 1,29\text{dB}$ lors de leur étude observationnelle visant à clarifier la pathogenèse du glaucome préperimétrique [47]. Cette valeur normale du Mean Deviation nous ramène à un champ visuel normal qui fait partir des critères diagnostiques d'un glaucome préperimétrique. Il est à noter que celui peut devenir anormal dans les années suivant le diagnostic de celui-ci si le rythme de surveillance est trop long ou si un traitement n'est pas entrepris.

Le Loss variance (variance des pertes ou des déficits) était normale dans notre série avec une moyenne de $2,9 \pm 1,1\text{dB}^2$. Une étude rétrospective et analytique menée par Khallouli Asma et al. en 2022 en Tunisie portant sur 3 groupes de patients dont ceux ayant un glaucome préperimétrique retrouvaient une moyenne de $2,61 \pm 1.53\text{dB}^2$, proche de notre résultat [51]. Cette similitude confirme qu'au stade préperimétrique, aucune atteinte du champ visuel à la périmétrie automatisée standard n'est retrouvé.

En ce qui concerne les résultats de l'OCT papillaire et l'analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaires, l'épaisseur moyenne des fibres nerveuses rétiniennes était plus fréquemment abaissée dans notre série avec une moyenne de $94,03 \pm 14,03\mu\text{m}$. Sabry et al. en Égypte en 2021 au cours d'une étude observationnelle incluant 78 yeux de glaucome préperimétrique retrouvaient dans leur série une moyenne de $96,11 \pm 10,9\mu\text{m}$ proche de notre série [52]. De même, Aimy Yusof et al. en 2022 en Malaisie obtenaient une épaisseur moyenne de $94,41 \pm 10,92\mu\text{m}$ [44]. Cette similitude souligne l'atteinte des fibres nerveuses rétiniennes qui est l'un des paramètres importants dans le diagnostic du glaucome préperimétrique à la tomographie à cohérence optique de la papille avec analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaires quelque soit la race.

La papille était excavée ($\text{cup/disc} > 0,3$) chez la quasi-totalité (30) des yeux des patients de notre série. Bakayoko et al. à Bamako en 2023 retrouvait un résultat similaire [42].

L'analyse de la cartographie des épaisseurs moyennes du complexe de cellules ganglionnaires maculaires dans les hémichamps supérieur et inférieur montrait un abaissement de celle-ci. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Kumar et al. en 2016 dans une étude comparative entre les patients ayant un glaucome préperimétrique et ceux ayant un glaucome débutant retrouvant une épaisseur moyenne du complexe de cellules ganglionnaires maculaires dans les hémichamps supérieur et inférieur abaissée [54]. Wang et al. en 2020 en Chine, dans une étude prospective visant à évaluer la densité des vaisseaux maculaires et l'épaisseur du complexe de cellules ganglionnaires maculaires dans les yeux préperimétriques et périmétriques précoces du glaucome primitif à angle ouvert, retrouvaient une épaisseur moyenne du complexe de cellules ganglionnaires maculaires abaissée [55]. En effet, le complexe de cellules ganglionnaires maculaires est altéré de façon significative dans le glaucome préperimétrique.

L'analyse du Gchart à la tomographie à cohérence optique de la papille avec analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaires révélait une atteinte de celui-ci dans les quadrants inférotemporal, inféronasal, supérotemporal et supéronasal. Cette similitude a été

retrouvée par Morooka et al. en 2012 dans une étude visant à déterminer si la mesure de l'épaisseur du complexe de cellules ganglionnaires sur une large zone peut améliorer la capacité de discrimination du glaucome à la tomographie par cohérence optique dans le domaine spectral par rapport à celle de la zone maculaire normale en Inde [56]. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le diagnostic du glaucome préperimétrique à la tomographie à cohérence optique de la papille avec analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaires se fait sur trois paramètres dont celui de l'atteinte au Gchart au RS 3000 de Nidek.

CONCLUSION

Au terme de notre travail visant à étudier les critères diagnostiques du glaucome préperimétrique en milieu camerounais, il en ressort que :

- La fréquence du glaucome préperimétrique était de 53,45%.
- Les aspects cliniques de notre population d'étude était : une acuité visuelle de loin corrigée majoritairement supérieur à 5/10 aux deux yeux, une pression intraoculaire normale, une épaisseur cornéenne centrale normale et un angle iridocornéen ouvert.
- Les caractéristiques périmétriques et tomographiques étaient : un champ visuel normal, une papille excavée avec cup/disc $> 0,3$ dans la totalité des yeux avec une règle ISNT non respectée dans la quasi-totalité à l'OCT-SD, un Clock Hour anormal, une épaisseur moyenne des fibres nerveuses rétiniennes abaissée (moyenne de $94,03 \pm 14,03\mu\text{m}$) et une atteinte du complexe de cellules ganglionnaires maculaire combinée à une atteinte du Gchart.

Cette étude nous a permis de confirmer que la tomographie par cohérence optique de la papille avec analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaires est un outil capital dans le diagnostic du glaucome préperimétrique. Par conséquent, elle doit être réalisée devant tout champ visuel normal.

RECOMMANDATIONS

A la lumière des résultats de notre étude, des commentaires qui s'en sont dégagés, ainsi que ceux présentés dans la littérature, nous formulons humblement les recommandations suivantes :

 **Aux Médecins Ophtalmologues :**

- De mettre un accent particulier sur le dépistage du glaucome préperimétrique qui est souvent sous-évalué.
- De traiter tout glaucome préperimétrique avec pression intraoculaire ajustée élevée et de rapprocher le rythme de surveillance pour ceux avec pression intraoculaire ajustée normale.

 **Aux chercheurs/Communauté facultaire :**

- De rechercher des financements auprès des ONG ou des fabricants d'appareils à tomographie par cohérence optique de la papille avec analyse du complexe de cellules ganglionnaires maculaires afin de réaliser cette étude sur un plus grand nombre et d'en augmenter la pertinence et la significativité.

 **Aux patients glaucomateux :**

- De sensibiliser les ascendants, les collatéraux et les descendants sur la nécessité de consulter un ophtalmologue à la recherche des signes cliniques et/ou paracliniques du glaucome préperimétrique.

PERSPECTIVES

Nous prévoyons :

- de réaliser cette étude sur une période plus longue et à plus grande échelle afin d'en augmenter la pertinence et la significativité.
- d'établir les critères diagnostiques du glaucome préperimétrique dans notre environnement.

REFERENCES

REFERENCES

1. Shields MB, Spaeth GL. The Glaucomatous Process and the Evolving Definition of Glaucoma. *J Glaucoma*. 2012;21(3):141-3.
2. Moreno-Montañés J, García-Nieva A, Osio IA, Guarnieri A, Morilla-Grasa A, García-Granero M, et al. Evaluation of RETICs Glaucoma Diagnostic Calculators in Preperimetric Glaucoma. *Transl Vis Sci Technol*. 2018;7(6):13-17.
3. Allison K, Patel D, Alabi O. Epidemiology of Glaucoma : The Past, Present, and Predictions for the Future. *Cureus*. 2020;12(11):426-72.
4. Sanou J, Zouré AA, Bakyono BS, Hien-Meda GA, Djimta M, Ouattara AK, et al. Epidemiology of glaucoma in Burkina Faso : Determination of the prevalence and circulating glaucomatous phenotypes in Ouagadougou. *J Fr Ophtalmol*. 2022;45(9):1063-8.
5. Rotchford AP. Glaucoma in Zulus : A Population-Based Cross-sectional Survey in a Rural District in South Africa. *Arch Ophthalmol*. 2002;120(4):471-478.
6. Atsipo-Tsiba P. Le glaucome primitif à angle ouvert : Evaluation du niveau de connaissance du médecin généraliste à Brazzaville sur cette maladie. *Rwanda Med J Online*. 2015;3(72):14-6.
7. Bron A, Chaine G, Villain M, Colin J, Nordmann JP, Renard JP, et al. Les facteurs de risque du glaucome primitif à angle ouvert. *J Fr Ophtalmol*. 2008;31(4):435-44.
8. Diallo F. Aspects épidémiologiques du glaucome primitif a angle ouvert chez les patients de 15-35 ans : à propos de 100 CAS au CHU-IOTA. *USTTB*; 2023;1(2):25-27.
9. Balo KP, Serouis AG, Djagnikpo PA, Agbo RA, Ayena DK, Agla EK, et al. Que savons-nous de la pression intra-oculaire dans la population togolaise?. *J Fr Ophtalmol*. 2006;29(6):629-34.
10. Ellong A, Mvogo CE, Assumpta Lucienne Bella-Hiag, Mouney EN, Ngoosso A, Litumbe CN. La prévalence des glaucomes dans une population de Noirs camerounais. *Cahiers Santé*. 2006;16(2):83-8.

11. Eballe AO, Owono D, Bella A, Ebana C, Long D, Aboutou R. Caractéristiques cliniques et épidémiologiques du glaucome chronique à angle ouvert. Cahiers Santé. 2008;18(1):19-23.
12. European Glaucoma Society Terminology and Guidelines for Glaucoma, 5th Edition. Br J Ophthalmol. 2021. 1-169p.
13. Bluwol E, Blumen-Ohana E, Nordmann JP. Apport du GDx-VCC chez les patients hypertones oculaires : complémentarité avec la périmétrie bleu-jaune ou le FDT Matrix ?. J Fr Ophtalmol. 2009;32(5):326-34.
14. Salmon JF, Kanski JJ. Kanski's clinical ophthalmology : a systematic approach. Ninth Edition. Edinburgh. Elsevier. 2020. 941 p.
15. Coulibaly F, Fanny A, Gbé K, Béréte-Coulibaly R, Ouattara A et Kouassi L. Evaluation du glaucome préperimétrique par l'oct spectral domain cirrus : une expérience à Abidjan, de 100 patients étudiés. Rev SOAO.2014;1(2):22-6.
16. Renard JP, Fénolland JR, Giraud JM. Glaucoma progression analysis by Spectral-Domain Optical Coherence Tomography (SD-OCT). J Fr Ophtalmol. 2019;42(5):499-516.
17. Soh Z, Yu M, Betzler BK, Majithia S, Thakur S, Tham YC, et al. The Global Extent of Undetected Glaucoma in Adults : a systematic review and meta-analysis. Ophthalmology. 2021;128(10):1393-404.
18. Khurana AK, Khurana B. Review of ophthalmology : quick text review & MCQ's. Sixth edition. New Delhi. The Health Sciences Publisher; 2015. 190 p.
19. Mouillon M, Bru MM. Anatomie de l'angle iridocornéen. EMC-Ophtalmol. 2004;1(1):1-10.
20. Baudouin C, El Maftouhi A, Dupont-Monod S, Hamard P. L'angle irido-cornéen en tomographie de coherence optique. J Fr Ophtalmol. 2009;32(3):172-5.
21. Renard JP, Sellem É. Glaucome primitif à angle ouvert. Rapport 2014. Issy-les-Moulineaux. Elsevier Masson. 2014. 790p.

22. Mba Aki T, Nnang Essone JF, Anyunzoghe E, Mboussou Y, Assoumou PA, et al. Caractéristiques Biométriques de la Papille Optique chez le Gabonais Adulte Mélanoderme non Glaucomateux. *ResearchGate*. 2020;21(3):39-43.
23. Braunger BM, Fuchshofer R, Tamm ER. The aqueous humor outflow pathways in glaucoma : a unifying concept of disease mechanisms and causative treatment. *Eur J Pharm Biopharm Off*. 2015;95(Pt B):173-81.
24. Kyari F, Entekume G, Rabiou M, Spry P, Wormald R, Nolan W, et al. A Population-based survey of the prevalence and types of glaucoma in Nigeria : results from the Nigeria National Blindness and Visual Impairment Survey. *BMC Ophthalmol*. 2015;15(1):176.
25. Bastawrous A, Mathenge W, Buchan J, Kyari F, Peto T, Rono H, et al. Glaucoma Features in an East African Population : a 6-year cohort study of older adults in Nakuru, Kenya. *J Glaucoma*. 2018;27(5):455-63.
26. Tham YC, Li X, Wong TY, Quigley HA, Aung T, Cheng CY. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040 : a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*. 2014;121(11):2081-90.
27. Dantouma SM, Doukoure MB, Zoumanigui C, Traore JT. Les Facteurs d'Observance du Traitement Médical du Glaucome Primitif à Angle Ouvert à Conakry. *Health Sci Dis*. 2022;23(2):326-8.
28. Preussner PR, Grossmann A, Ngounou F, Kouogan G, Tamon J. Glaucoma screening in Western Cameroon. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2009;247(12):1671-5.
29. Naidoo K, Gichuhi S, Basáñez MG, Flaxman SR, Jonas JB, Keeffe J, et al. Prevalence and causes of vision loss in sub-Saharan Africa : 1990-2010. *Br J Ophthalmol*. 2014;98(5):612-8.
30. Dohvoma VA, Eban Mvogo SR, Bidjogo M, Mvilongo CT, Akono ME, Nguena MB, et al. Clinical Characteristics of Patients Newly Diagnosed with Primary Open Angle Glaucoma at the Yaoundé Central Hospital-Cameroon. *J Ophthalmol Res*. 2020;3(1):1-7.
31. Martin-Du Pan R, Pruijm M, Burnier M, Sunaric-Megevand G. Arterial hypertension and glaucoma : watch out for nocturnal blood pressure. *Rev Med Suisse*. 2016;12(530):1518-21.

32. Schuster KA, Carl ERB, Hoffmann ME, Dietlein T, Pfeiffer N. The Diagnosis and Treatment of Glaucoma. *Dtsch Ärztebl Int.* 2020;117(13):225-34.
33. Bertaud S, Aragno V, Baudouin C, Labbé A. Le glaucome primitif à angle ouvert. *Rev Médecine Interne.* 2019;40(7):445-52.
34. Korobelnik JF. OCT en ophtalmologie. Rapport 2019. Issy-les-Moulineaux. Elsevier Masson. 2019. 505p.
35. Dufrane R, Ehongo A. Treatment of glaucoma. *Rev Med Brux.* 2014;35(4):291-7.
36. Garg P, Malik M, Rai N, Singh A, Chellaiyan V. Prevalence of pre-perimetric primary open angle glaucoma in hypertensives of North India. *J Fam Med Prim Care.* 2022;11(9):5257.
37. Yamada M, Hiratsuka Y, Nakano T, Kita Y, Watanabe T, Tamura H, et al. Detection of Glaucoma and Other Vision-Threatening Ocular Diseases in the Population Recruited at Specific Health Checkups in Japan. *Clin Epidemiol.* 2020;12(9):1381-8.
38. Steinmetz JD, Bourne RRA, Briant PS, Flaxman SR, Taylor HRB, Jonas JB, et al. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020 : the right to sight : an analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Health.* 2021;9(2):144-60.
39. Eballe AO, Koki G, Ellong A, Owono D, Epée E, Bella LA, et al. Central corneal thickness and intraocular pressure in the Cameroonian nonglaucomatous population. *Clin Ophthalmol.* 2010;4:71-7.
40. Dubey S. Detection of Ganglion Cell Loss in Preperimetric Glaucoma by Fourier-Domain Optical Coherence Tomography. *J Clin Exp Ophthalmol.* 2017;1(1):42-8.
41. Tsiba WA, Dohvoma VA, Eballe AO, Diomandé AI, Mvogo SE. Aspects Épidémiologiques et Cliniques du Glaucome au CHU de Brazzaville. *Health Sci Dis.* 2017;18(1):77-8.
42. Bakayoko S, Bodjrenou BD, Djiguimé WP, Sidibe MK, Simaga A, Konikpo A, et al. Clinical and paraclinical features of pre-perimeter glaucoma at CHU-IOTA (Bamako). *Health Sci Dis.* 2023;24(5):442-6.

43. Vonor K, Banla M, Amedome KM, Bigirindavyi D, Balo KP. Causes de cécité chez les sujets de 40 ans et plus en milieu rural au sud du Togo. *J Rech Sci.* 2014;16(2):453-6.
44. Manabe Y, Inuzuka H, Sawada A, Yamamoto T. Long-term clinical course of normotensive preperimetric glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015;56(7):105-8.
45. Nomo AF, Eban Mvogo SR, Dohvoma VA, Mvilongo Tsimi C, Akono Zoua ME, Nguena B et al. Le Déficit Pupillaire Afférent Relatif dans le Glaucome Primitif à Angle Ouvert en Milieu Camerounais. *Health Sci Dis.* 2021;22(11):311-5.
46. Odoulami-Yehouessi L, Tchiengoua N, Alamou S, Amoussouga A, Lawani R, Doutetien C. Intérêt de la tomographie à cohérence optique dans le diagnostic précoce du glaucome primitif à angle ouvert. *Rev SOAO.* 2015;(1):32-8.
47. Shiga Y, Aizawa N, Tsuda S, Yokoyama Y, Omodaka K, Kunikata H, et al. Preperimetric Glaucoma Prospective Study (PPGPS) : predicting visual field progression with basal optic nerve head blood flow in normotensive PPG eyes. *Transl Vis Sci.* 2018;7(1):11-13.
48. Lee WJ, Kim YK, Jeoung JW, Park KH. Can Probability Maps of Swept-Source Optical Coherence Tomography Predict Visual Field Changes in Preperimetric Glaucoma? *Investig Ophthalmology Vis Sci.* 2017;58(14):625-7.
49. Pradnya AM. Clinical Profile of Primary Open Angle Glaucoma Suspects. *Health Care Res Dev.* 2018;2(4):7-11.
50. Inuzuka H, Kawase K, Sawada A, Kokuzawa S, Ishida K, Yamamoto T. Development of Glaucomatous Visual Field Defects in Preperimetric Glaucoma Patients Within 3 Years of Diagnosis. *J Glaucoma.* 2016;25(6):591-5.
51. Khallouli A, Oueslati Y, Bouchoucha S, Gouider D. Structure-Function correlation using optical coherence tomography in normal subjects, preperimetric and manifest primary open-angle glaucoma. *Jr Med Res.* 2022;1(5):3-6.
52. Sabry D, Elwehidy SA, Gamal Abdelhameed A, Tharwat E, M Abdelkader A. Predictability of Optical Coherence Tomography Parameters in Preperimetric Glaucoma. *Acta Sci Ophthalmol.* 2021;4(3):36-43.

53. Yusof AMZ, Othman O, Tang SF, Hassan MR, Din NM. Diagnostic evaluation of optical coherence tomography parameters in normal, preperimetric and perimetric glaucoma patients. *J Ophthalmol.* 2022;15(11):172-8.
54. Kumar RS, Anegondi N, Chandapura RS, Sudhakaran S, Kadambi SV, Rao HL, et al. Discriminant Function of Optical Coherence Tomography Angiography to Determine Disease Severity in Glaucoma. *Investig Ophthalmology Vis Sci.* 2016;57(14):607-9.
55. Wang Y, Xin C, Li M, Swain DL, Cao K, Wang H, et al. Macular vessel density versus ganglion cell complex thickness for detection of early primary open-angle glaucoma. *BMC Ophthalmol.* 2020;20(1):17-20.
56. Morooka S, Hangai M, Nukada M, Nakano N, Takayama K, Kimura Y, et al. Wide 3-Dimensional Macular Ganglion Cell Complex Imaging with Spectral-Domain Optical Coherence Tomography in Glaucoma. *Investig Ophthalmology Vis Sci.* 2012;53(8):480-5.

ICONOGRAPHIES

Iconographie 1

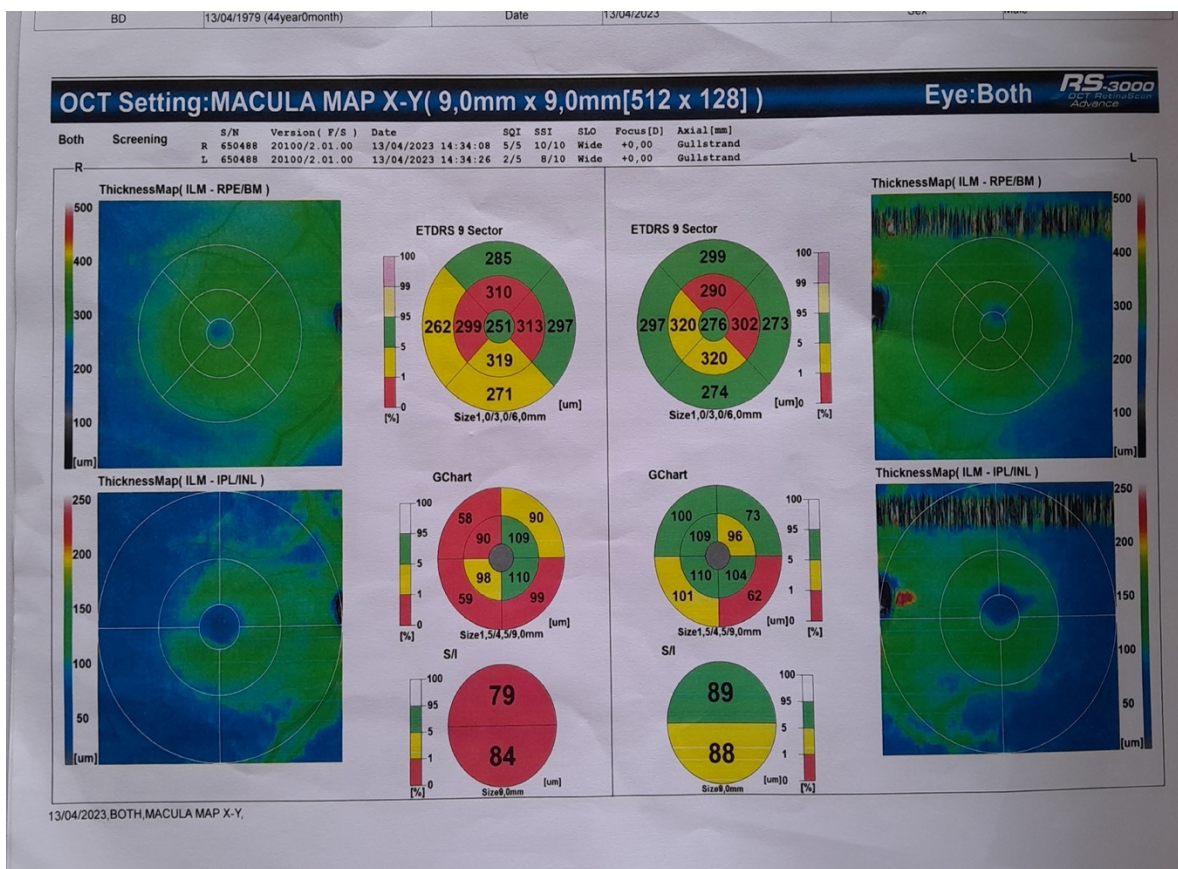
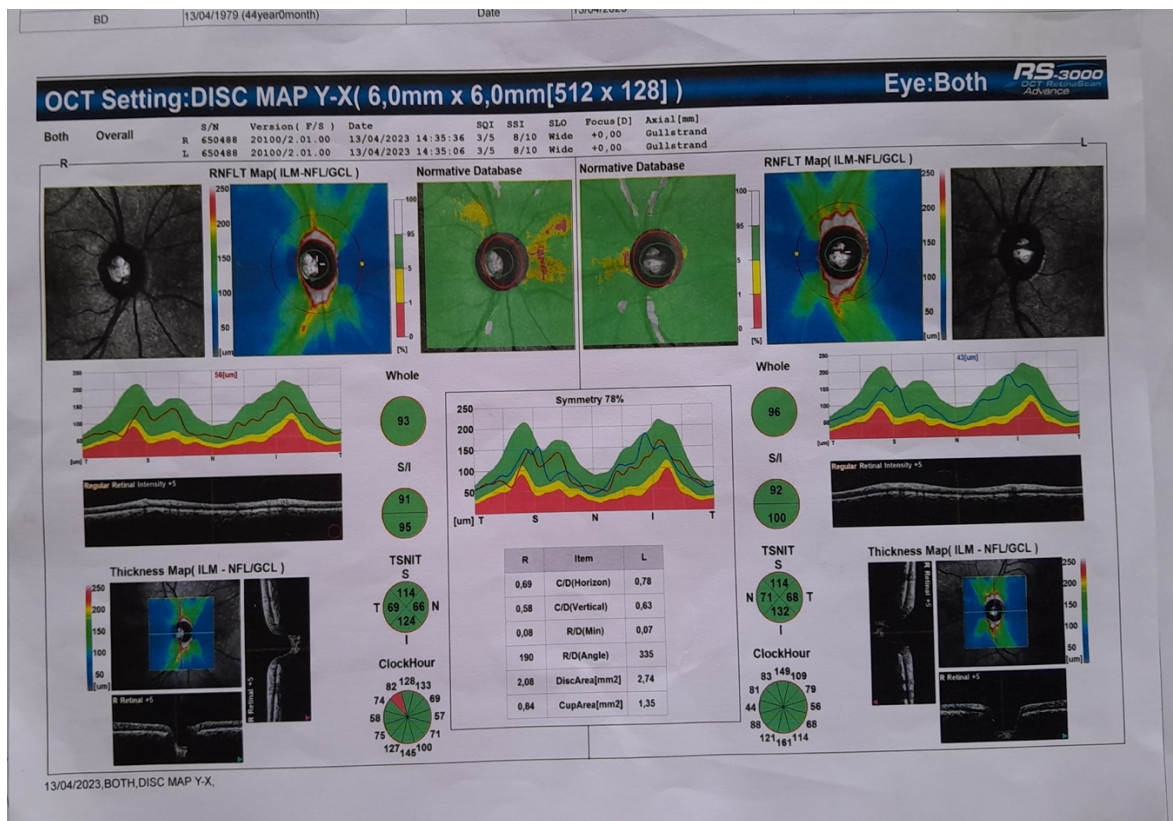


Figure 56 : OCT-SD d'un patient de 44ans atteint de glaucome préperimétrique.

Iconographie 2

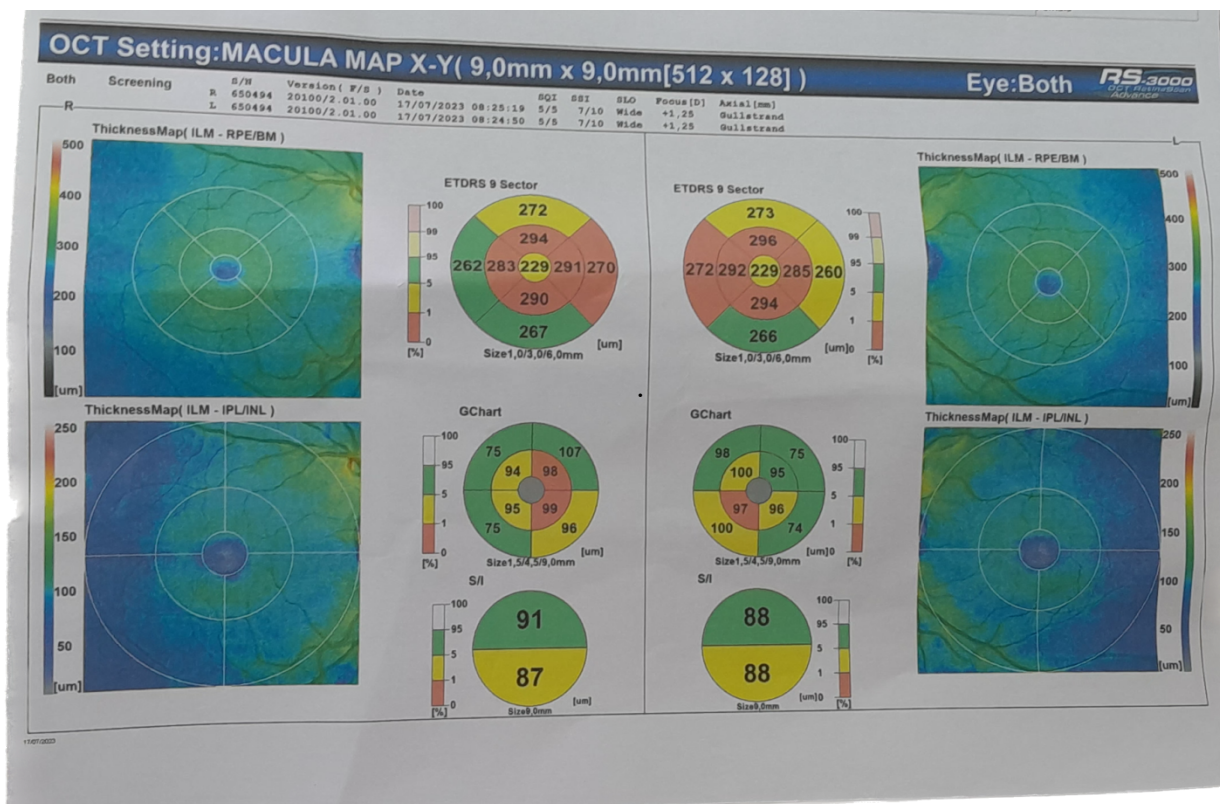
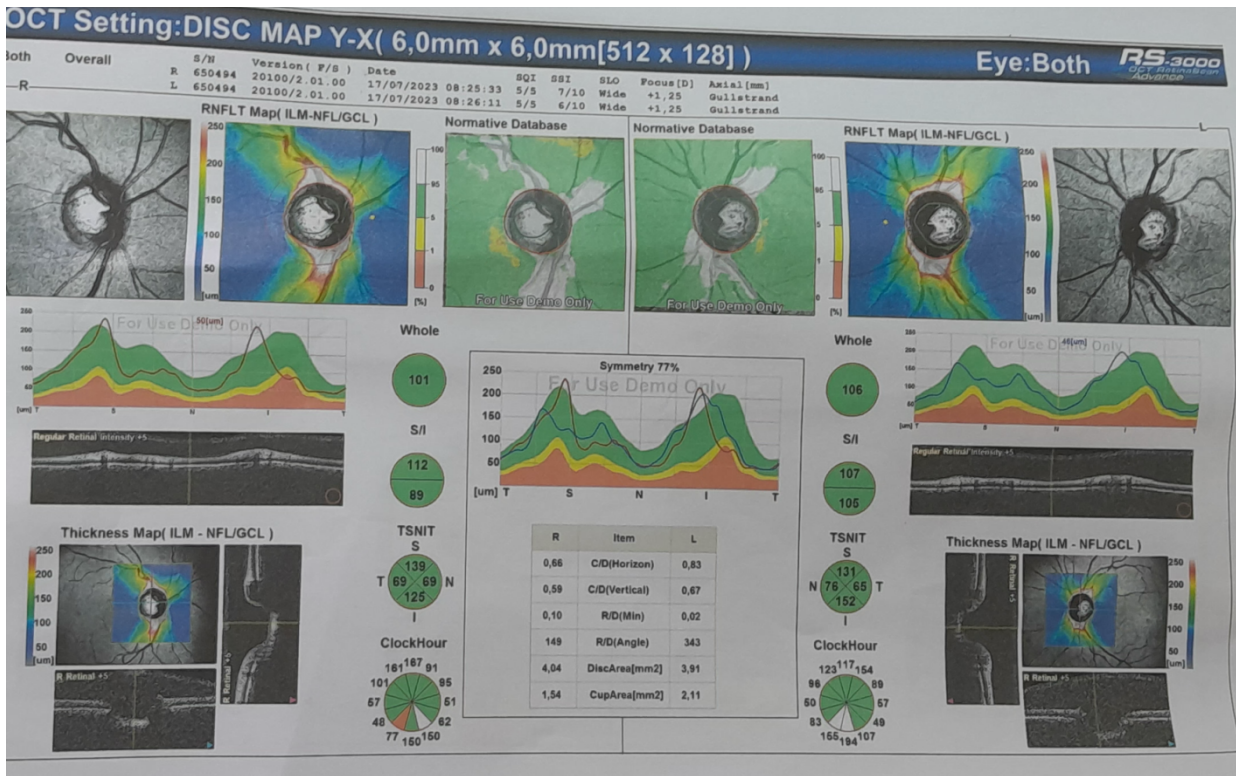

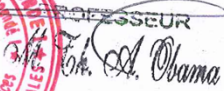



Figure 57 : OCT-SD d'une patiente de 49ans atteinte de glaucome préperimétrique.

ANNEXES

Annexe 1 : Clairance Éthique

<p>UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I FACULTÉ DE MÉDECINE ET DES SCIENCES BIOMÉDICALES</p>		<p>THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I FACULTY OF MEDICINE AND BIOMEDICAL SCIENCES</p>																				
<p>COMITÉ INSTITUTIONNEL D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE Tel/ fax : 22 31-05-86 22 311224 Email: decanatfmsb@hotmail.com</p>		<p>INSTITUTIONAL ETHICAL REVIEW BOARD</p>																				
<p>Ref. : N° <u>0365</u> /UY1/FMSB/VDRC/DAASR/CSD</p>																						
<h2>CLAIRANCE ÉTHIQUE</h2>																						
<p>7 2 MAI 2023</p>																						
<p>Le COMITÉ INSTITUTIONNEL D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE (CIER) de la FMSB a examiné La demande de la clairance éthique soumise par :</p>																						
<p>M.Mme : NDENGUE ANGOUA Christelle Raïssa</p>		<p>Matricule: 19S1119</p>																				
<p>Travaillant sous la direction de :</p>																						
<ul style="list-style-type: none">◆ Pr Koki Godefroy◆ Dr Mvilongo Tsimi Caroline◆ Dr Nomo Arlette																						
<p>Concernant le projet de recherche intitulé :</p>																						
<p>Etude des critères diagnostiques du glaucome Preperimétrique en milieu camerounais</p>																						
<p>Les principales observations sont les suivantes</p>																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 50%;">Evaluation scientifique</td><td></td></tr><tr><td>Evaluation de la convenance institutionnelle/valeur sociale</td><td></td></tr><tr><td>Equilibre des risques et des bénéfiques</td><td></td></tr><tr><td>Respect du consentement libre et éclairé</td><td></td></tr><tr><td>Respect de la vie privée et des renseignements personnels (confidentialité) :</td><td></td></tr><tr><td>Respect de la justice dans le choix des sujets</td><td></td></tr><tr><td>Respect des personnes vulnérables :</td><td></td></tr><tr><td>Réduction des inconvénients/optimalisation des avantages</td><td></td></tr><tr><td>Gestion des compensations financières des sujets</td><td></td></tr><tr><td>Gestion des conflits d'intérêt impliquant le chercheur</td><td></td></tr></table>			Evaluation scientifique		Evaluation de la convenance institutionnelle/valeur sociale		Equilibre des risques et des bénéfiques		Respect du consentement libre et éclairé		Respect de la vie privée et des renseignements personnels (confidentialité) :		Respect de la justice dans le choix des sujets		Respect des personnes vulnérables :		Réduction des inconvénients/optimalisation des avantages		Gestion des compensations financières des sujets		Gestion des conflits d'intérêt impliquant le chercheur	
Evaluation scientifique																						
Evaluation de la convenance institutionnelle/valeur sociale																						
Equilibre des risques et des bénéfiques																						
Respect du consentement libre et éclairé																						
Respect de la vie privée et des renseignements personnels (confidentialité) :																						
Respect de la justice dans le choix des sujets																						
Respect des personnes vulnérables :																						
Réduction des inconvénients/optimalisation des avantages																						
Gestion des compensations financières des sujets																						
Gestion des conflits d'intérêt impliquant le chercheur																						
<p>Pour toutes ces raisons, le CIER émet un avis favorable sous réserve des modifications recommandées dans la grille d'évaluation scientifique.</p>																						
<p>L'équipe de recherche est responsable du respect du protocole approuvé et ne devra pas y apporter d'amendement sans avis favorable du CIER. Elle devra collaborer avec le CIER lorsque nécessaire, pour le suivi de la mise en œuvre dudit protocole. La clairance éthique peut être retirée en cas de non - respect de la réglementation ou des recommandations sus évoquées. En foi de quoi la présente clairance éthique est délivrée pour servir et valoir ce que de droit</p>																						
<p>LE PRÉSIDENT DU COMITE ETHIQUE</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"><div style="margin-left: 20px;"><p>PROFESSEUR</p></div></div>																						

Annexe 2 : Autorisation de recherche HCY

<p>REPUBLIQUE DU CAMEROUN Paix-Travail-Patrie ----- MINISTÈRE DE LA SANTE PUBLIQUE ----- SECRETARIAT GENERAL ----- DIRECTION DE L'HOPITAL CENTRAL DE YAOUNDE ----- UNITE ADMINISTRATIVE ET FINANCIERE -----</p>		<p>REPUBLIC OF CAMEROON Peace-Work-Fatherland ----- MINISTRY OF PUBLIC HEALTH ----- SECRETARIAT GENERAL ----- DIRECTORATE OF CENTRAL HOSPITAL ----- ADMINISTRATIVE AND FINANCIAL UNIT -----</p>
<p>N°2023/<u>188</u>/AR/MINSANTE/SG/DHCY/UAF ^{CP/2023}</p>		<p>Yaoundé, le <u>17</u> MARS 2023</p>


AUTORISATION DE RECHERCHE

Je soussigné, **Professeur Pierre Joseph FOU DA**, Directeur de l'Hôpital Central de Yaoundé, accorde une autorisation de recherche, sous la direction du *Pr KOKI Godefroy* et la codirection des Drs MVILONGO Caroline et NOMO Arlette au **Dr NDENGUE ANGOUA Christelle Raïssa**, Résidente en Ophtalmologie 4^{ème} année à la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé I, sur le thème : « **Diagnostic du glaucome préperimétrique en milieu Camerounais** ».

L'intéressée est tenue au strict respect du règlement intérieur de l'Hôpital Central de Yaoundé et s'engage à déposer un exemplaire dudit mémoire à la Direction dudit hôpital après correction.

En foi de quoi, la présente autorisation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit. /-

Le Directeur,


Dr Pierre Joseph FOU DA

Annexe 3 : Autorisation de recherche HRM1

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix - Travail - Patrie

PRESIDENCE DE LA REPUBLIQUE

MINISTRE DE LA DEFENSE

DIRECTION DE LA SANTE MILITAIRE

REGION DE SANTE MILITAIRE N°1

HÔPITAL MILITAIRE DE REGION N°1

REPUBLIC OF CAMEROON
Peace - Work - Fatherland

PRESIDENCY OF THE REPUBLIC

MINISTRY OF DEFENCE

DEPARTMENT OF MILITARY HEALTH

MILITARY HEALTH REGION N°1

MILITARY REGION HOSPITAL N°1

Yaoundé le **02 AOUT 2023**

N° **23057.1** /DV/MINDEF/DSM/RSM1/HMR1/12

AUTORISATION D'ACCES

Je soussigné, **Colonel-Médecin HAMADOU**, Médecin-Chef de l'Hôpital Militaire de Région n°1 (HMR1) à Yaoundé,

Autorise le **Docteur NDENGUE ANGOUA Christelle Raïssa**, résidente en 4^{ème} année Ophtalmologie, à accéder au Service Spécialisé d'Ophtalmologie de l'HMR1, dans le cadre de ses travaux de recherche sur le thème « *Diagnostic du glaucome preperimetrique en milieu camerounais* ».

En cas de publication de cet article, le Service d'accueil de l'HMR1 devrait être cité

En foi de quoi la présente autorisation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit. /-



Colonel-Médecin HAMADOU,
Médecin Chef de l'Hôpital Militaire de Région N°1

Annexe 4 : Autorisation de recherche HGOPY

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie
MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE
HOPITAL GYNECO-OBSTETRIQUE
ET PEDIATRIQUE DE YAOUNDE
HUMILITE – INTEGRITE – VERITE - SERVICE



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace-Work-Fatherland
MINISTRY OF PUBLIC HEALTH
YAOUNDE GYNAECO-OBSTETRIC
AND PEDIATRIC HOSPITAL
HUMILITY – INTEGRITY – TRUTH - SERVICE

COMITE INSTITUTIONNEL D'ETHIQUE DE LA RECHERCHE
POUR LA SANTE HUMAINE (CIERSH)

Arrêté n° 0977 du MINSANTE du 18 avril 2012 portant création et organisation des
Comités d'Ethiques de la Recherche pour la santé Humaines. (CERSH).

AUTORISATION N° 400/CIERSH/DM/2023

CLAIRANCE ETHIQUE

Le Comité Institutionnel d'Ethique de la Recherche pour la Santé Humaine (CIERSH) a examiné le 21 février 2023, la demande d'autorisation et le Protocole de recherche intitulé « diagnostic du glaucome préperimétrique en milieu camerounais » soumis par l'étudiant Dr NDENGUE ANGOUA CHRISTELLE RAÏSSA.

Le sujet est digne d'intérêt. Les objectifs sont bien définis. La procédure de recherche proposée ne comporte aucune méthode invasive préjudiciable aux participants. Le formulaire de consentement éclairé est présent et la confidentialité des données est préservée. Pour les raisons qui précèdent, le CIERSH de HGOPY donne son accord pour la mise en œuvre de la présente recherche.

Dr NDENGUE ANGOUA CHRISTELLE RAÏSSA devra se conformer au règlement en vigueur à HGOPY et déposer obligatoirement une copie de ses travaux à la Direction Médicale de ladite formation sanitaire.

Yaoundé, le 03 MARS 2023

LE PRESIDENT



Prof MBU Robinson
Directeur Général
HGOPY

Annexe 5 : Note informative

Madame / Mademoiselle / Monsieur,

Nous sommes le Docteur NDENGUE Raïssa, résidente en 4^{ème} année du cycle de spécialisation d'Ophtalmologie à la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'université de Yaoundé I (FMSB-UYI). Dans le cadre de mon mémoire de fin de formation, nous menons une étude sur le thème : « **DIAGNOSTIC DU GLAUCOME PREPERIMETRIQUE EN MILIEU CAMEROUNAIS** ».

Ce travail a pour but de diagnostiquer de manière précoce les patients atteints de glaucome afin de rapidement les prendre en charge. Le glaucome est une maladie évoluant à bas bruit, sans manifestations de signes au stade précoce de la maladie et qui rend aveugle. Le traitement lorsqu'il est institué est l'administration de collyres antiglaucomateux en première intention, et ceci, à vie. Nous déclarons que la participation est volontaire et sans contrainte. Le participant peut suspendre à tout moment sa participation à l'étude sans que cela ne lui pose aucun préjudice quelconque.

- **Bénéfices** : notre étude constituera une occasion de dépistage gratuit d'une atteinte glaucomateuse.
- **Coût** : les participants ne déboursent que l'argent lié à leur frais de déplacement éventuel. Par ailleurs, aucune rétribution sous quelque forme que soit ne vous sera versée.
- **Personne à contacter** : Dr. NDENGUE Raïssa FMSB-UYI/Téléphone : 6 99 18 34 60
- **Email** : ndengueangoua@yahoo.fr
- **Directeur de mémoire** : Pr. KOKI Godefroy
- **Co- directeurs** : Dr. MVILONGO Caroline et Dr. NOMO Arlette

Annexe 6 : Formulaire de consentement éclairé

Atteste avoir reçu toutes les informations relatives à la réalisation de l'étude intitulée « **DIAGNOSTIC DU GLAUCOME PREPERIMETRIQUE EN MILIEU CAMEROUNAIS** ».

Je reconnais avoir été sensibilisé sur tous les buts, les avantages, les modalités pratiques et les probables inconvénients que j'aurais en participant à cette étude.

J'accepte de donner librement mon consentement aux modalités de cette étude. En participant à cette étude, je n'attends aucune rémunération venant des auteurs.

Signature du participant :

Signature de l'investigateur :

Annexe 7 : Fiche technique de collecte des données

Section I : Caractéristiques sociodémographiques			
1	N° de la fiche	
2	Initiales	
3	Âge	Année :	
4	Sexe	F :	M :
5	Profession	
Section II : Facteurs de risque			
	Oui		Non
		HTA	
		Diabète	
		Myopie	
		Atcd familial de glaucome	
		Autres	
Section III : Paramètres cliniques			
1. Acuité visuelle			
	OD		OG
		AVL non corrigée	
		AVL corrigée	
		AVP non corrigée	
		AVP corrigée	
2. Pression intraoculaire			

	OD		OG
		PIO	
		Pachymétrie	
		PIO ajustée	

	1. Gonioscopie				
	OD			OG	
			Angle ouvert		
			Angle fermé		
	2. Examen indirect du FO (aspect de la tête du nerf optique) à la LAF				
	OD			OG	
			C/D vertical		
	Oui	Non		Oui	Non
			Creuse		
			Règle ISNT respecté		
			Rejet nasal des vaisseaux		
			Amincissement de l'ANR		
			Exclusion d'un vaisseau circumlinéaire		
			Encoche vasculaire		
			Coudure des vaisseaux		
			Atrophie péripapillaire		
			Hémorragie péripapillaire		

Section III : Paramètres paracliniques				
3. Champ visuel				
OD			OG	
		Échelle de gris		
Oui	Non		Oui	Non
		Ressaut nasal		
		Scotome relatif central		
		Scotome relatif caeco-central		
		Scotome relatif paracentral		
		Scotome relatif arciforme		
		Courbe de BEBIE		
Oui	Non		Oui	Non
		Normale		
		Déficit diffus isolé		
		Déficit diffus et localisé		
		Déficit localisé isolé		
		Indices globaux		
		MD		
		SLV		
		MS		
4. OCT				
OD			OG	
a. Analyse des FNR				
		C/D vertical		

			Épaisseur moyenne (μm)		
	Oui	Non		Oui	Non
			Normale		
			Abaissée		
			Surface du disque optique (mm^2)		
	Oui	Non		Oui	Non
			Normale		
			Grande papille		
			Petite papille		
			Courbe à double bosse		
	Oui	Non		Oui	Non
			Dans le vert		
			Dans le jaune		
			Dans le rouge		
			Rapport ISNT		
	Oui	Non		Oui	Non
			Respecté		
			Non respecté		
			Clock Hour		
	Oui	Non		Oui	Non
			Normal		
			Perte de fibres en temporal inférieur 4H-5H		
			Perte de fibres en temporal		

		inférieur 7H-8H	
	b) CCGm		
		Analyse de l'épaisseur moyenne maculaire	
	Oui	Non	Oui Non
		Normal	
		Abaissée	
		Analyse de l'OCT en face	
	Oui	Non	Oui Non
		Normale	
		Anormale	
		Analyse du Gchart	
	Oui	Non	Oui Non
		Normal	
		Perte de fibres	
		Asymétrie hémichamp supérieur et inférieur	
	<u>Conclusion</u>		
	OD		OG
	Oui	Non	Oui Non
			OCT normal
			Glaucome préperimétrique