



UNIVERSITÉ DE NANTES

Université de Nantes



CENTRE HOSPITALIER
UNIVERSITAIRE DE NANTES

UFR de Médecine et Techniques Médicales

2019/2020

Mémoire pour l'obtention du
Diplôme de capacité d'orthoptie

Méthode photographique : analyse de l'angle kappa

Etude de la relation entre l'amétropie et l'angle kappa

présenté par

Astrid BAIZE
née le 06/11/1998

Agathe LEFORT
née le 28/09/1999

Soutenu le 26/06/2020

Directeur de mémoire :

Chloé COURET - Ophtalmologue

SOMMAIRE

Remerciements	3
Introduction.....	4
I. Rappels théoriques	5
A. Angle kappa	5
B. Réfraction oculaire.....	5
C. Correction du trouble réfractif par les lunettes	7
D. Correction du trouble réfractif par la chirurgie réfractive.....	8
II. Descriptif du projet	9
A. Présentation des études	9
B. Critères d'inclusion et d'exclusion	10
C. Examens réalisés.....	10
D. Difficultés rencontrées	11
III. Analyse de la base de données	11
A. Généralités	11
B. Etude 1	12
1. Groupe 1.a	13
2. Groupe 1.b	16
C. Etude 2 et étude 3	19
1. Etude 2	19
2. Etude 3	20
3. Conclusion des études 2 et 3	21
D. Etude 4.....	22
IV. Hypothèses et discussion	23
Conclusion	24
Bibliographie	25
Résumé	27

Remerciements

Nous tenons à remercier tout spécialement notre tutrice de mémoire, Docteur COURET, qui nous a épaulé et conseillé durant ces deux années de recherche.

De même, nous sommes reconnaissantes pour la confiance qui nous a été accordée lors de la prise en charge des patients pendant les consultations.

Un grand merci aux Docteur LEBRANCHU, Docteur ORIGNAC, Docteur VABRES, Docteur COEURU, Docteur LE MEUR, ainsi qu'aux orthoptistes du service du CHU de Nantes : Madame HUET, Messieurs LASSALLE, WENDEL, KONIG et LEHUEDE.

Nous adressons nos sincères remerciements à Chloé DENIS, orthoptiste au CHU de Nantes, pour son investissement pendant la période de confinement.

Pour finir, nous remercions l'ensemble des patients qui nous ont octroyé du temps et nous ont également fait confiance dans la conservation de leurs données.

Introduction

Dans la continuité du mémoire réalisé par deux étudiantes de troisième année l'an passé (soutenance datant de Juin 2019) ⁽¹⁾ sur la mise en place d'une méthode photographique au sein des consultations strabologiques du CHU de Nantes, nous nous sommes référées à cet examen afin d'explorer les différentes modalités qui influencent l'angle kappa.

Dans la littérature, les variations de l'angle kappa sont souvent liées à l'importance de l'amétropie ⁽²⁾. L'objectif du mémoire sera donc d'étudier ce lien.

Ainsi, nous allons répondre à la problématique suivante : existe-t-il un lien entre l'amétropie et l'angle kappa ?

I. Rappels théoriques

A. Angle kappa

Pour débuter, rappelons la définition de l'angle kappa. Il s'agit de l'angle entre l'axe pupillaire et l'axe visuel (cf. figure 1). Il détermine la position du centre de la pupille et la distance qui sépare celui-ci du reflet cornéen. Sa valeur est comprise entre 4 et 6°.

Il impacte la perception de l'angle strabique⁽³⁾, c'est-à-dire qu'un angle kappa positif majore l'impression d'un strabisme divergent tandis qu'un angle kappa négatif majore la sensation d'une déviation convergente.

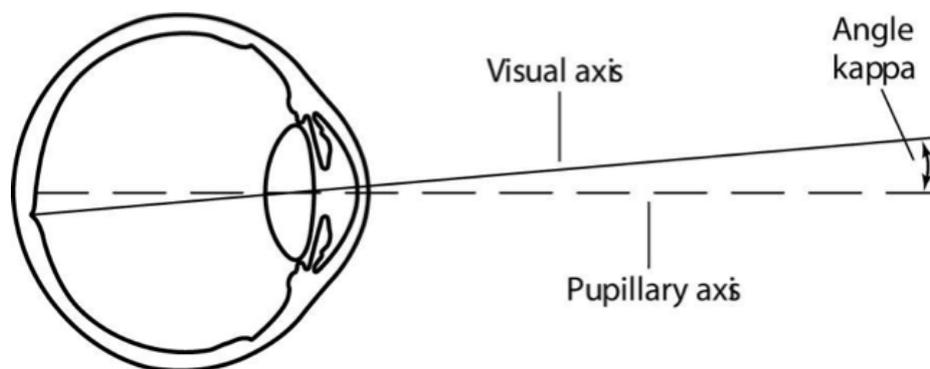


Figure 1 : Angle Kappa⁽⁴⁾

B. Réfraction oculaire

La réfraction de l'œil définit le pouvoir réfractif du système optique dans sa globalité.

Lors de son arrivée dans le système oculaire, les rayons lumineux traversent des milieux réfringents et des surfaces de réfraction constituant le dioptré de l'œil⁽⁵⁾.

Ce dernier possède un pouvoir réfractif total de 60 dioptries⁽⁶⁾.

Cette puissance résulte principalement des propriétés optiques de deux lentilles convergentes :

- la partie antérieure de la cornée, représente les $\frac{2}{3}$ du pouvoir réfractif soit 40 à 45 dioptries,
- le cristallin, dispose d'une puissance réfractive d'environ 22 dioptries.

Le terme de « réfraction » fait quant à lui appel au rapport entre la réfraction globale de l'oeil et la longueur axiale.

Lorsque le lien entre ces deux variables est dit « normal », cela signifie que les rayons lumineux convergent sur la rétine du patient : il est alors emmétrope.

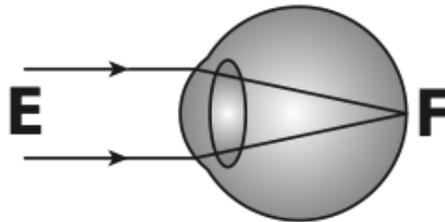


Figure 2 : L'oeil emmétrope ⁽⁶⁾

Au contraire, lorsque celui-ci est dit « anormal », les rayons lumineux ne convergent pas sur la rétine du patient : il est amétrope. Dans ce cas, la lumière peut se focaliser :

- en avant de la rétine : il s'agit de la myopie.

L'oeil est trop grand pour sa puissance ou trop puissant pour sa longueur.

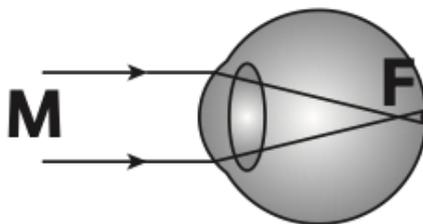


Figure 3 : L'oeil myope ⁽⁶⁾

- en arrière de la rétine : il s'agit de l'hypermétropie.

L'oeil est trop petit pour sa puissance ou pas assez puissant pour sa longueur.

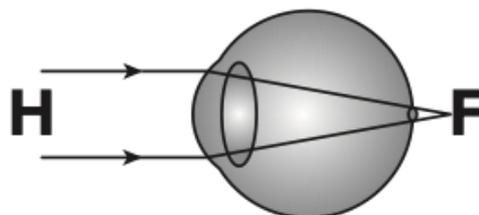


Figure 4 : L'oeil hypermétrope ⁽⁶⁾

Il existe différents types d'amétropies ⁽⁷⁾ : on différencie l'amétropie axiale de l'amétropie de puissance.

Le premier type est retrouvé lorsque la longueur de l'oeil s'est modifiée dans l'axe antéro-postérieur et a provoqué un oeil trop long (myopie axiale) ou trop court (hypermétropie axiale). Le second est identifié lorsque la longueur de l'oeil est normale avec une puissance soit trop convergente (myopie de puissance), soit insuffisante (hypermétropie de puissance).

Dans ce mémoire, notre étude portera sur les amétropies axiales.

C. Correction du trouble réfractif par les lunettes

L'interposition d'un verre de lunettes, convexe ou concave, permet à l'oeil de focaliser l'image d'un objet éloigné au plus près de la rétine.

L'oeil hypermétrope, comme précisé ci-dessus, fait converger les rayons lumineux en arrière de sa rétine. L'image visualisée sur le plan de la rétine est alors floue. L'ajout d'un verre convexe sert à focaliser à nouveau l'image de l'objet de manière nette sur la rétine ⁽⁸⁾.

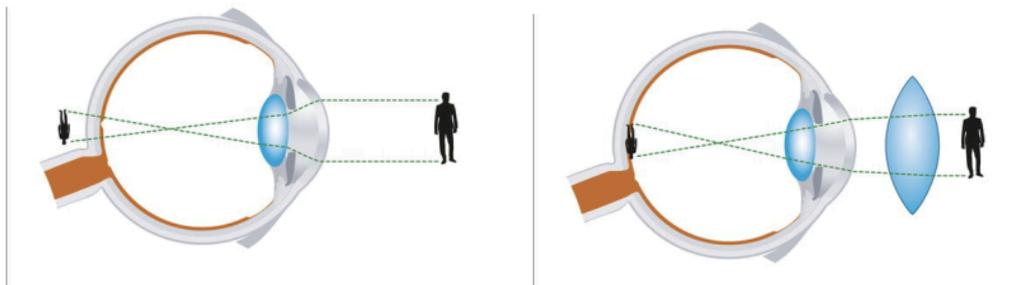


Figure 5 : L'Hypermétropie © Peter Hermes Furian - 123RF

De manière inverse, l'oeil myope projette l'image d'un objet éloigné en avant de sa rétine. L'utilisation de verres concaves permet le rétablissement d'une image nette, défocalisée sur la rétine ⁽⁹⁾.

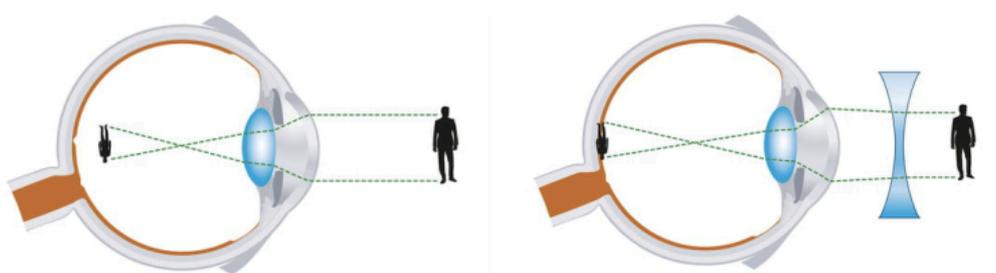


Figure 6 : La Myopie © Peter Hermes Furian - 123RF

D. Correction du trouble réfractif par la chirurgie réfractive

La chirurgie réfractive a pour but de rendre le patient emmétrope en réduisant la puissance optique de son oeil. Pour ce faire, il est nécessaire de diminuer la puissance optique de la cornée. Il existe différentes méthodes pour rendre le patient emmétrope telles que le laser femtoseconde (LASIK), la PhotoKératectomie à visée Réfractive (PKR), ou encore le Smile. Ici, nous nous intéresserons uniquement à la méthode par LASIK, puisqu'il s'agit de celle réalisée sur les patients de notre base de données.

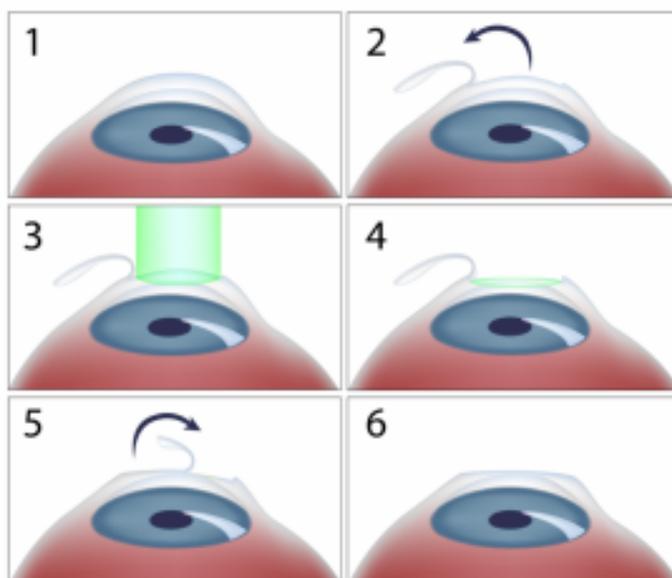


Figure 7 : Le LASIK ⁽¹⁰⁾

Afin de corriger un oeil myope par le LASIK, il est nécessaire de réduire la courbure de sa cornée. Cet acte est réalisé par l'impact du laser excimer après découpe et soulèvement d'un capot cornéen superficiel par laser femtoseconde ⁽¹¹⁾.

Quant à la méthode LASIK pour le sujet hypermétrope, il est au contraire indispensable d'augmenter le pouvoir optique de la cornée et ainsi d'accentuer sa courbure ⁽¹²⁾. Selon le même principe que chez les patients myopes, le laser femtoseconde découpe et soulève la cornée afin de permettre au laser excimer de délivrer l'ablation cornéenne nécessaire.

II. Descriptif du projet

A. Présentation des études

Afin de répondre à la problématique énoncée précédemment, nous avons mené plusieurs études.

Ces dernières se sont déroulées entre septembre 2018 et mars 2020.

Selon la littérature⁽²⁾ plus l'oeil est hypermétrope, plus son angle est grand comme le démontre la figure 8 ci-dessous.

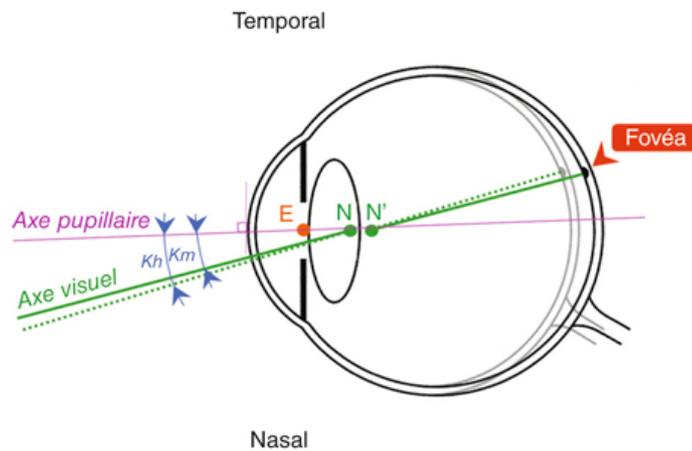


Figure 8 : Angle kappa (oeil hypermétrope « Kh », oeil myope « Km ») ⁽²⁾

D'ailleurs, d'après l'étude ⁽¹³⁾ menée sur 436 yeux dans la population coréenne, l'angle kappa est modifié en fonction de l'équivalent sphérique. En effet, sur la figure 9 extraite de cet article, il semble que plus le patient est myope, plus l'angle kappa est faible.

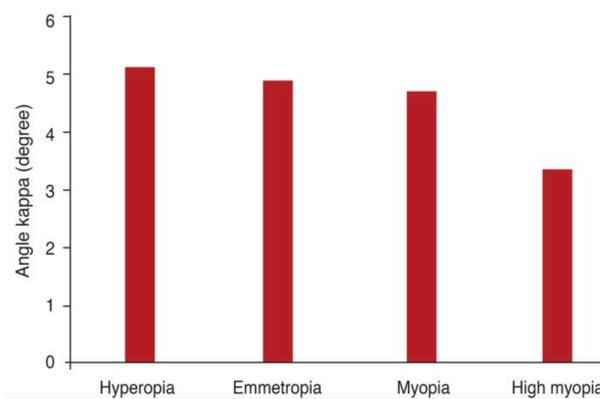


Figure 9 : Angle kappa according to refractive errors ⁽¹³⁾

C'est pourquoi notre première analyse, dénommée « Étude 1 », s'est portée sur le lien entre l'angle kappa et l'amétropie. En nous appuyant sur nos recherches, nous souhaitons affirmer ou infirmer l'hypothèse suivante « L'amétropie impacte la valeur de l'angle kappa ».

Nous avons ensuite réalisé deux études complémentaires. La première, nommée « Étude 2 », porte sur les variations de l'angle kappa lorsque l'amétropie est corrigée par le biais d'une correction optique.

Tandis que la deuxième, prénommée « Étude 3 », étudie la variation de l'angle kappa lorsque l'amétropie est corrigée par le biais d'une chirurgie réfractive.

La juxtaposition de ces deux études nous a permis de définir, ou non, le lien exclusif entre l'angle kappa et l'amétropie. Notre objectif étant d'analyser si, lorsque l'amétropie est corrigée et/ou modifiée, l'angle kappa varie.

Enfin, la dernière étude intitulée « Étude 4 » cherche à objectiver la fiabilité de nos mesures. Pour ce faire, nous avons analysé puis comparé deux photos réalisées successivement chez différents patients. De cette manière, nous souhaitons mettre en évidence une différence ou une similitude entre nos valeurs obtenues, afin de répondre à la question suivante : « La valeur de l'angle kappa obtenue grâce à la méthode photographique est-elle photo-dépendante ? ».

B. Critères d'inclusion et d'exclusion

Afin de procéder à nos études, nous avons décidé d'inclure les patients :

- nous ayant donné leur accord,
- ayant une consultation avec l'instillation de SKIACOL® 0,5% le jour-même,
- présentant tout type d'amétropie,
- apte à réaliser un IOL master (mobilité, attention...).

De même, nous avons choisi d'exclure ceux :

- étant âgés de moins de 2 ans,
- ne possédant pas une fixation de qualité : monophthalme, amblyope profond.

C. Examens réalisés

Nous avons recueilli, pour chaque patient de notre base de données, la longueur axiale, le diamètre cornéen, la valeur du ratio et la réfraction objective.

Notons que la formule utilisée dans ce mémoire pour calculer la valeur de l'angle kappa est :

$$\text{ATAN}[\frac{((\text{Diam} \div 2) - \text{Diam} \times \text{Ratio})}{5,6}]. \quad (\text{Diam} = \text{diamètre cornéen})$$

Pour obtenir ces éléments, nous avons sélectionné les examens pertinents tels que :

- le IOL master, pour le diamètre cornéen et la longueur axiale,
- la méthode photographique, réalisée en binoculaire et en monoculaire, pour le ratio,
- l'instillation de SKIACOL® 0,5% selon le protocole suivant : 3 gouttes à t0, t5, t10 suivies d'une mesure à t45, pour la réfraction objective.

D. Difficultés rencontrées

Face à ces mesures, nous avons fait face à des difficultés pratiques et cliniques, comme :

- la disponibilité de la salle (interruption de l'activité lors des Lancaster),
- la disponibilité des patients (présence au rendez-vous suivant la chirurgie réfractive),
- l'accessibilité au logiciel OptiView® non exploitable sur Mac,
- le faible taux de patients présentant une forte myopie dans notre base de données (2%),
- la gestion du flux de patients.

III. Analyse de la base de données

A. Généralités

Notre base de données est constituée des éléments généraux suivants :

- l'Identifiant Permanent Patient (IPP),
- les noms et prénoms,
- le sexe,
- la date de naissance,
- l'âge,
- la date de consultation.

Ainsi que d'éléments spécifiques à chaque oeil :

- la réfraction,
- le diamètre cornéen,
- le ratio,
- l'angle kappa,
- la longueur axiale.

Toutes les analyses statistiques réalisées dans ce mémoire sont effectuées par l'intermédiaire du site <https://biostatgv.sentiweb.fr>.

Notre base de données contient un total de 117 patients âgés de 3 à 65 ans dont 50,4 % de femmes et 49,6 % d'hommes.

Grâce au test de Student réalisé pour comparer les valeurs de l'angle kappa obtenues pour l'oeil droit d'une part et l'oeil gauche d'autre part, nous obtenons un p-value de 0,89. Rappelons que lorsque $p > 0,05$, le test prouve qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux groupes appariés. Nous pouvons donc affirmer que les valeurs de l'angle kappa obtenues pour l'oeil droit et pour l'oeil gauche sont semblables.

Malgré ce résultat et afin d'assurer la véracité de nos études, nous avons choisi de traiter séparément et individuellement les données de l'oeil droit et de l'oeil gauche durant tout notre mémoire.

Dans le but d'effectuer une analyse statistique propre à chaque étude, nous avons décliné la base de données générale en différents groupes.

Les deux premiers nommés respectivement « Groupe 1.a : angle kappa et amétropie » et « Groupe 1.b : angle kappa et longueur axiale » nous permettent d'analyser les données spécifiques à l'étude 1.

Ces deux groupes sont tous deux composés de l'effectif total de notre base de données.

Ensuite, dans cette même démarche, nous avons établi un groupe appelé « Groupe 2 : angle kappa avec et sans correction » qui illustre les données statistiques utilisées pour l'étude 2.

Il regroupe 35 yeux droits ainsi que 35 yeux gauches et est composé de 48,6 % de femmes et de 51,4 % d'hommes tous âgés de 5 à 53 ans.

Par la suite nous avons défini un groupe intitulé « Groupe 3 : angle kappa et chirurgie réfractive » afin de recueillir les données concernant l'étude 3. Il se compose de 7 yeux droits et 7 yeux gauches dont 37,5 % de femmes et 62,5 % d'hommes. Il comporte une analyse des données avant et après la chirurgie réfractive.

Enfin, un dernier groupe nommé « Groupe 4 : observateur dépendant » a été créé afin d'étudier la fiabilité de nos mesures dans le cadre de l'étude 4.

Il contient 18 yeux droits ainsi que 18 yeux gauches et est composé de 33,3 % de femmes et de 66,7 % d'hommes tous âgés de 7 à 53 ans.

B. Etude 1

Ce recueil de données a commencé le 6 novembre 2018 et s'est achevé le 07 février 2020.

Il porte sur 117 yeux droits et 117 yeux gauches dont 59 femmes et 58 hommes âgés de 3 à 65 ans pour une moyenne de 16 +/- 13 ans.

1. Groupe 1.a

Afin de ne traiter qu'une seule valeur pour chaque oeil, nous avons calculé l'équivalent sphérique (ES) pour tous les patients.

Pour rappel, il est calculé par la formule suivante : $ES = \text{sphère} + \frac{1}{2} \text{cylindre}$.

Pour cette étude, nous nous sommes référées aux cinq catégories d'amétropie décrites dans la littérature ⁽¹⁴⁾.

La variable x ci-dessous correspond à l'équivalent sphérique du sujet.

- Fort myope : $x \leq -6 \delta$, composé de 2 yeux droits et 3 yeux gauches.
- Myope : $-6 \delta < x \leq -2 \delta$, composé de 16 yeux droits et 14 yeux gauches.
- Emmétrope : $-2 \delta < x < 2 \delta$, composé de 40 yeux droits et 42 yeux gauches.
- Hypermétrope : $2 \delta \leq x < 5 \delta$, composé de 36 yeux droits et 35 yeux gauches.
- Forts hypermétrope : $x \geq 5 \delta$, composé de 23 yeux droits et 23 yeux gauches.

	FORT MYOPE	MYOPE	EMMETROPE	HYPERMETROPE	FORT HYPERMETROPE	TOTAL
Moyenne équivalent sphérique (δ)	-8,44	-3,91	0,46	3,35	6,61	1,81
Moyenne angle kappa (°)	3,52	6,19	5,30	6,57	7,33	6,18
Médiane	3,52	6,06	5,63	6,80	6,77	6,45
Ecart type	2,93	2,84	2,32	2,49	3,53	2,80
Valeur min	1,45	1,30	1,04	0,00	1,20	0,00
Valeur max	5,59	13,64	9,29	10,84	15,36	15,36

Tableau 10.a : Résultats obtenus pour le groupe 1.a pour l'oeil droit

	FORT MYOPE	MYOPE	EMMETROPE	HYPERMETROPE	FORT HYPERMETROPE	TOTAL
Moyenne équivalent sphérique (δ)	-7,67	-3,65	0,37	3,38	6,90	1,87
Moyenne angle kappa (°)	6,03	3,56	5,31	7,62	6,94	6,13
Médiane	6,13	3,58	5,51	7,14	6,36	5,96
Ecart type	1,06	2,15	2,87	3,72	4,11	3,54
Valeur min	4,93	0,66	0,86	1,37	0,00	0,00
Valeur max	7,04	7,03	12,71	18,33	14,74	18,33

Tableau 10.b : Résultats obtenus pour le groupe 1.a pour l'oeil gauche

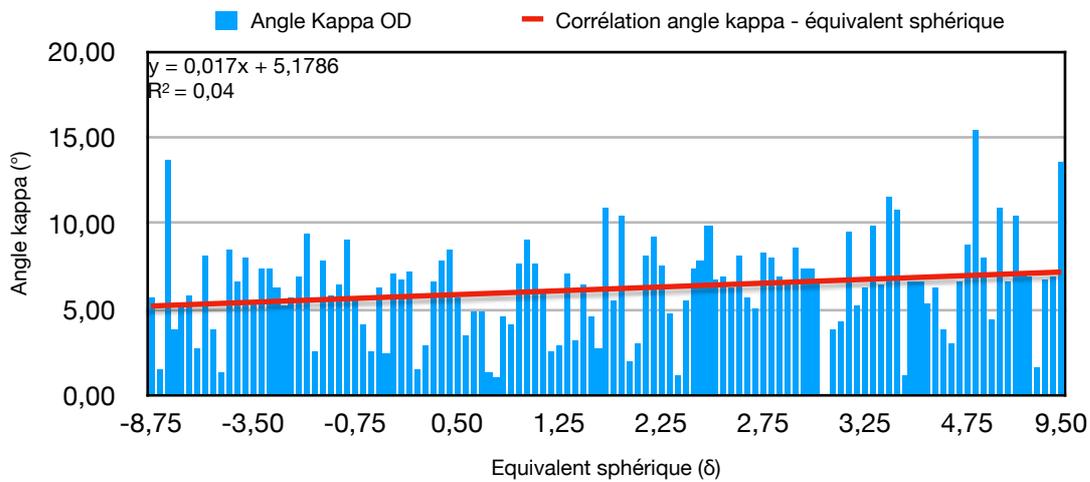


Figure 11.a : Variation de l'angle kappa selon l'équivalent sphérique pour l'oeil droit

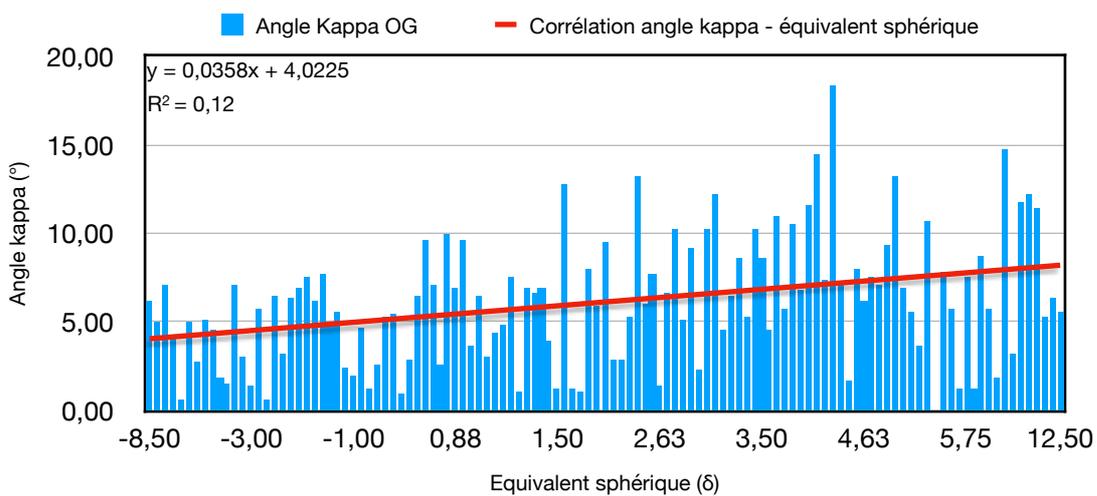


Figure 11.b : Variation de l'angle kappa selon l'équivalent sphérique pour l'oeil gauche

Comme démontré dans les figures 10 et 11 ci-dessus, nous remarquons que plus l'hypermétropie est élevée, plus l'angle kappa croît. A l'inverse, plus la myopie est importante, plus l'angle kappa décroît.

Ainsi, nous retrouvons une corrélation positive entre ces deux variables.

Cela nous permet d'associer les données retrouvées dans la littérature ⁽¹⁵⁾ avec celles analysées par nos soins.

En effet, Hashemi et al lors de son étude avait évalué un angle kappa moyen de 5,46 +/- 1,33°. De notre côté, sa valeur moyenne est de 6,18 +/- 2,80° pour l'oeil droit et de 6,13 +/- 3,54° pour l'oeil gauche.

En revanche, bien qu'une légère corrélation statistique puisse être trouvée entre l'angle kappa et l'équivalent sphérique, nous remarquons une grande variabilité intra-groupe responsable d'un coefficient de corrélation relativement faible. En effet, comme le montrent les figures 12 ci-dessous, nous retrouvons un écart-type important au sein des différentes catégories d'amétropies.

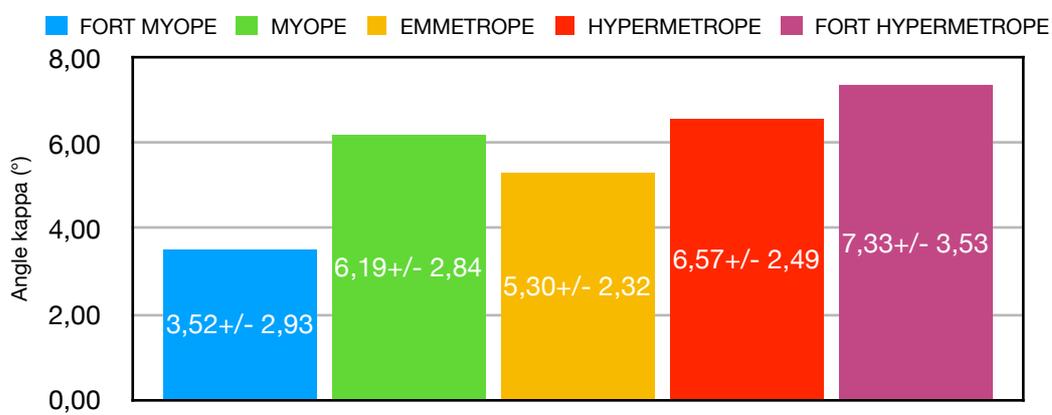


Figure 12.a : Répartition de l'angle kappa selon l'équivalent sphérique pour l'oeil droit

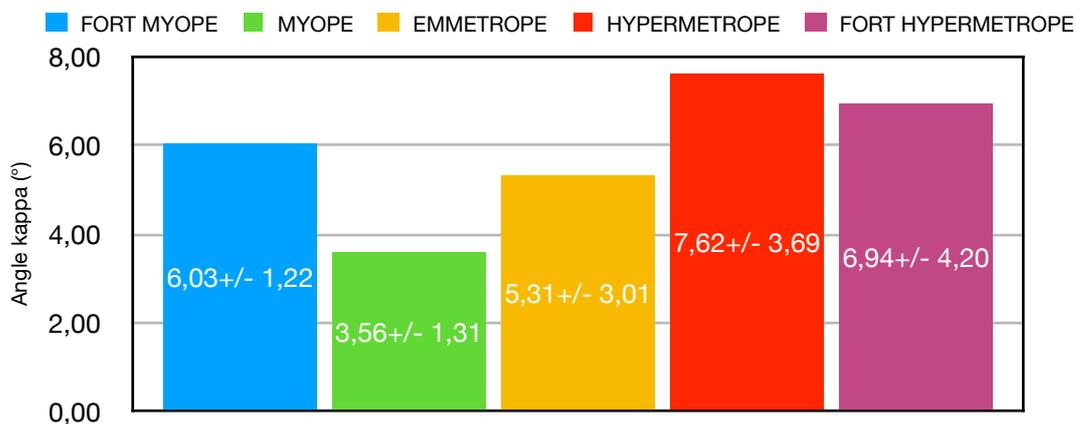


Figure 12.b : Répartition de l'angle kappa selon l'équivalent sphérique pour l'oeil gauche

2. Groupe 1.b

Pour cette sous-catégorie, nous avons souhaité étudier la part des amétropies axiales dans la variation de l'angle kappa. Pour ce faire, nous avons créé cinq groupes selon la longueur axiale qui prendra la valeur x . Afin de choisir les valeurs qui délimiteront chacun de ces groupes, nous nous sommes référées à la formule mathématique ⁽¹⁶⁾ suivante : $y = -2,511x + 57,103$ (x représente la longueur axiale, et y l'amétropie du sujet)

- $x \leq 20,7$ mm, composé de 8 yeux droits et 8 yeux gauches.
- $20,7 \text{ mm} < x \leq 22$ mm, composé de 33 yeux droits et 35 yeux gauches.
- $22 \text{ mm} < x < 23,5$ mm, composé de 43 yeux droits et 40 yeux gauches.
- $23,5 \text{ mm} \leq x < 25$ mm, composé de 22 yeux droits et 20 yeux gauches.
- $x \geq 25$ mm, composé de 11 yeux droits et 14 yeux gauches.

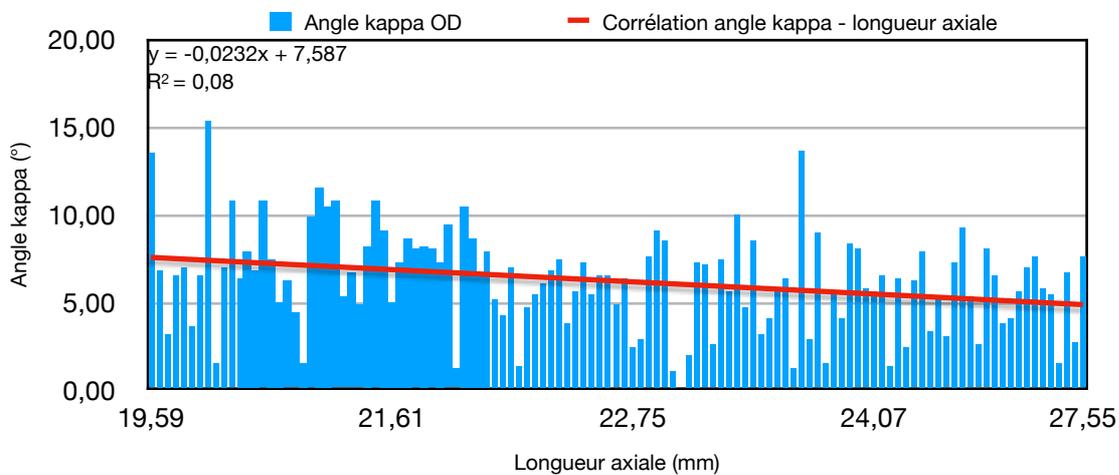


Figure 13.a : Variation de l'angle kappa selon la longueur axiale pour l'œil droit

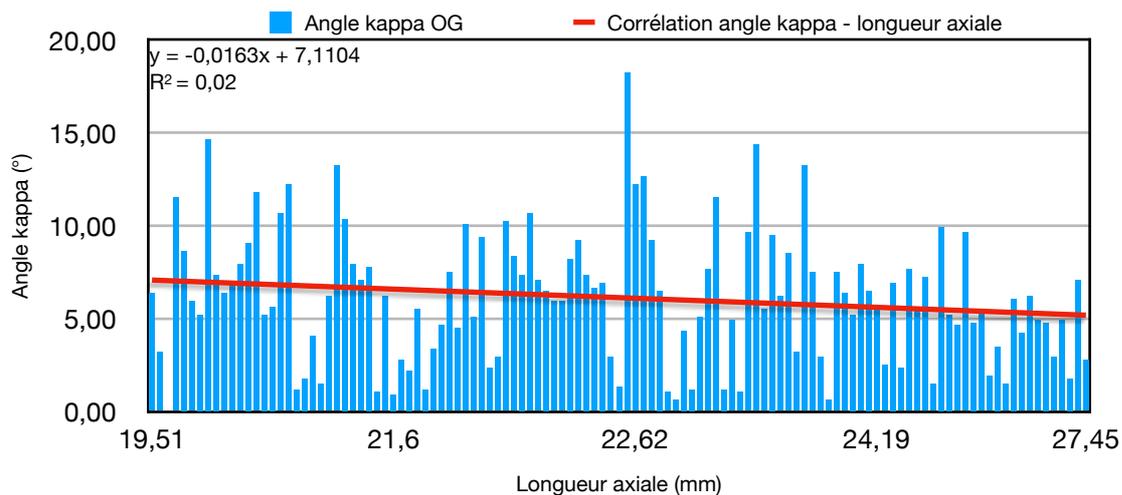


Figure 13.b : Variation de l'angle kappa selon la longueur axiale pour l'œil gauche

Les graphiques ci-dessus démontrent que plus l'œil est long, plus son angle kappa diminue.

Ces résultats coïncident avec l'étude ⁽¹³⁾ de Choi SR et Kim US. Puisque la conclusion de celle-ci correspond à ce que nous avons pu retrouver dans notre étude : il existe une corrélation négative entre la longueur axiale et l'angle kappa (figures 14).

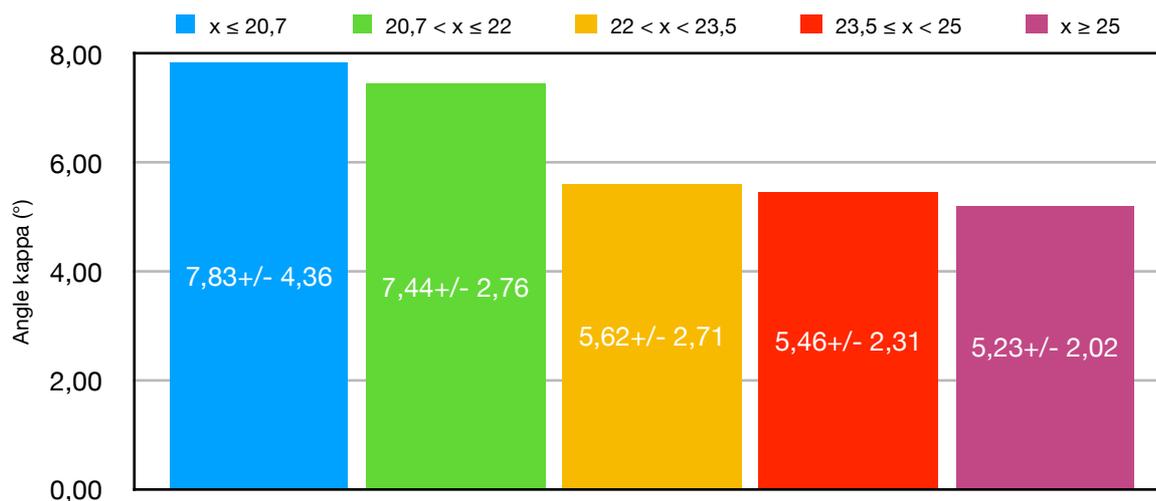


Figure 14.a : Variation de l'angle kappa selon la longueur axiale pour l'oeil droit

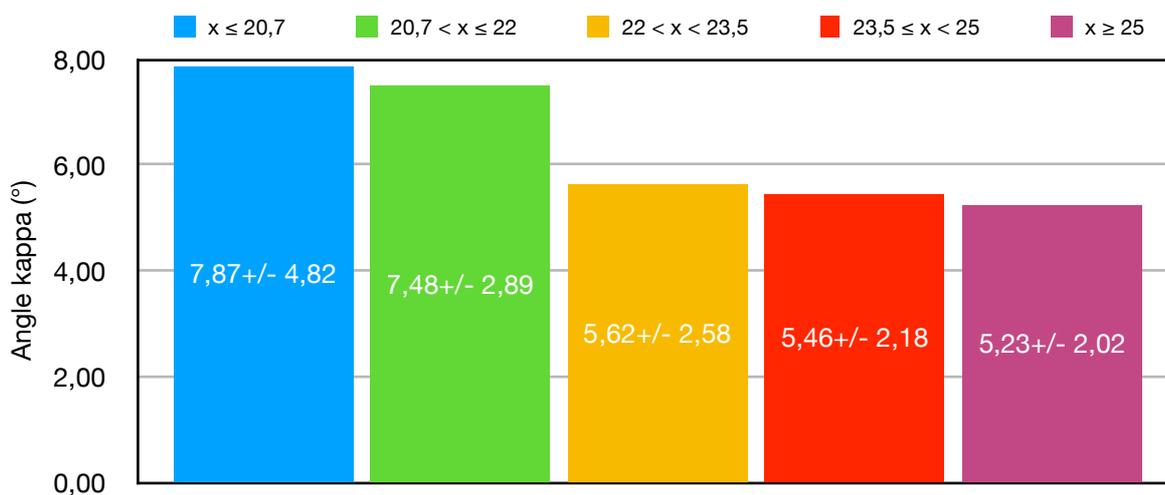


Figure 14.b : Variation de l'angle kappa selon la longueur axiale pour l'oeil gauche

3. Lien entre ces deux groupes

Précédemment nous avons établi une relation entre l'angle kappa et l'amétropie, puis entre l'angle kappa et la longueur axiale. Nous remarquons dans nos résultats que, lorsque l'angle kappa augmente, l'équivalent sphérique augmente tandis que la longueur axiale diminue. Pour rappel, dans les amétropies axiales, plus l'oeil est court plus il est hypermétrope ⁽⁶⁾. Ceci explique alors la raison pour laquelle, pour un angle kappa croissant, les variables y1 (équivalent sphérique) et y2 (longueur axiale) évoluent dans un sens contraire. Comme démontré dans les figures 15.

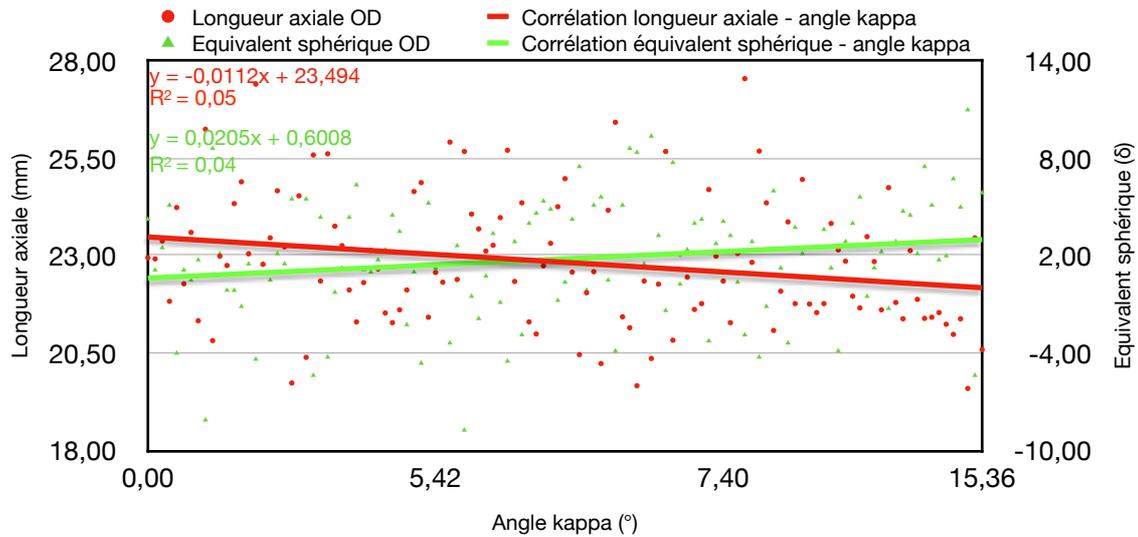


Figure 15.a : Relation entre la longueur axiale, l'équivalent sphérique et l'angle kappa pour l'oeil droit

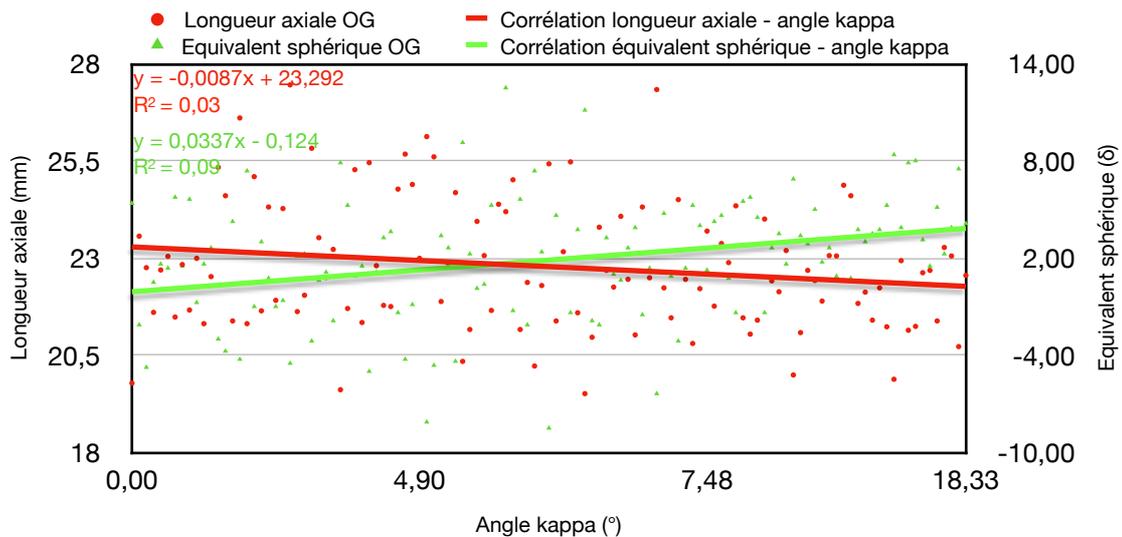


Figure 15.b : Relation entre la longueur axiale, l'équivalent sphérique et l'angle kappa pour l'oeil gauche

C. Etude 2 et étude 3

1. Etude 2

Ce recueil de données a commencé le 18 novembre 2018 et s'est achevé le 07 février 2020. Il porte sur 35 yeux droits et 35 yeux gauches dont 17 femmes et 18 hommes âgés de 5 à 53 ans pour une moyenne de 24 +/- 14 ans.

Afin d'étudier l'impact de l'amétropie sur l'angle kappa, nous avons décidé d'étudier si un changement de cette valeur opérait lorsque le sujet est rendu emmétrope par l'intermédiaire d'une correction optique, ici, des lunettes.

Ci-dessous (tableau 16) sont recensés les résultats obtenus. Les colonnes prénommées « CO » correspondent aux valeurs recueillies pour le sujet portant sa correction optique. Celles intitulées « SCO » illustrent quant à elle les résultats obtenus lorsque le sujet ne porte pas ses lunettes.

	Oeil droit		Oeil gauche	
	CO	SCO	CO	SCO
Moyenne de l'équivalent sphérique (en δ)	0,00	-0,43	0	0,36
Moyenne Angle Kappa (en °)	5,75	5,93	5,79	5,74
Ecart-type	2,43	2,18	2,88	2,62
Médiane	6,33	5,98	5,96	5,80
Min	-1,19	1,96	0,66	0,70
Max	9,34	10,61	11,52	11,52
P-value	0,68		0,91	

Tableau 16. : résultats obtenus pour le groupe 2

Après avoir effectué une analyse statistique à l'aide du test de Student, nous retrouvons un p-value de 0,68 pour l'oeil droit et 0,91 pour l'oeil gauche soit une valeur supérieure à 0,05. Nous pouvons ainsi confirmer qu'il n'existe pas de différence d'angle kappa significative lorsque le sujet est rendu emmétrope grâce au port de ses lunettes peu importe l'oeil étudié.

2. Etude 3

Ce recueil de données a commencé le 3 septembre 2019 et s'est achevé le 07 février 2020.

Il porte sur 7 yeux droits et 7 yeux gauches dont 3 femmes et 4 hommes âgés de 25 à 47 ans pour une moyenne de 35 +/- 10 ans.

Ici, nous souhaitons déterminer si la correction du trouble réfractif par le biais de la chirurgie réfractive avait un impact sur l'angle kappa du sujet. Pour ce faire, nous avons évalué leur angle avant et après l'opération. Ainsi, nous avons recueilli les données suivantes (cf tableau 17).

	Oeil droit		Oeil gauche	
	Avant chirurgie	Après chirurgie	Avant chirurgie	Après chirurgie
Moyenne de l'équivalent sphérique (en δ)	-1,75	-0,27	-1,63	-0,32
Moyenne de l'angle Kappa (en °)	5,89	6,49	4,81	4,90
Ecart-type	1,57	2,04	1,98	2,03
Médiane	6,40	5,65	4,52	5,24
Max	3,68	3,57	7,58	7,29
Min	7,46	9,51	1,82	2,19
P-value	0,30		0,94	

Tableau 17 : résultats obtenus en pré et post-chirurgie réfractive

Pour notre test, puisque nous possédons moins de 30 valeurs ($n < 30$), nous analysons nos données grâce au test de Wilcoxon.

Nous obtenons un p-value de 0,30 pour l'oeil droit et de 0,94 pour l'oeil gauche, c'est-à-dire supérieur à 0,05. De ce fait nous pouvons confirmer, chez ces patients, que l'angle kappa ne varie pas après correction de leur amétropie par chirurgie réfractive, quelque soit l'oeil analysé.

Selon des études ⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾ se concentrant uniquement sur les sujets myopes, aucune différence n'a été remarquée entre les valeurs de l'angle kappa avant et après chirurgie réfractive. Nous avons ainsi décidé d'analyser nos valeurs en sélectionnant uniquement nos sujets myopes (n = 5). Pour ce sous-groupe, nous obtenons les résultats ci-dessous (tableau 18).

	Oeil droit		Oeil gauche	
	Avant chirurgie	Après chirurgie	Avant chirurgie	Après chirurgie
Moyenne de l'équivalent sphérique (en δ)	-4,25	-0,15	-4,25	-0,15
Moyenne de l'angle Kappa (en °)	5,48	5,59	4,50	4,21
Ecart-type	1,68	1,55	1,86	1,98
Médiane	5,75	5,46	4,52	4,23
Max	3,68	3,57	7,03	6,94
Min	7,46	7,94	1,82	2,19
P-value	1,00		0,81	

Tableau 18 : résultats obtenus en pré et post-chirurgie réfractive chez les sujets myopes

De même, notre analyse statistique grâce au test de Wilcoxon retrouve un p-value de 1,00 pour l'oeil droit et de 0.81 pour l'oeil gauche soit $p > 0,05$. Ainsi, nous arrivons à la même conclusion que les études précédentes et affirmons qu'il n'existe pas de différence significative entre les valeurs d'angle kappa retrouvées avant puis après l'opération de la chirurgie réfractive, que ce soit pour l'oeil droit ou bien pour l'oeil gauche.

3. Conclusion des études 2 et 3

Dans l'étude 2, lorsque le sujet porte ses lunettes, il dispose d'un angle kappa équivalent à celui obtenu lorsque son amétropie n'est pas corrigée. De cette manière, l'action sur le pouvoir réfractif global de l'oeil (par l'interposition d'un verre de contact) ne modifie pas la valeur de l'angle kappa. .

Dans l'étude 3, la correction du trouble réfractif des sujets par la chirurgie réfractive, c'est-à-dire par action sur le pouvoir réfractif de la cornée, ne modifie pas l'angle kappa de ces derniers.

De ce fait, nous pouvons conclure que la modification de l'amétropie par ces deux méthodes n'impacte pas l'angle kappa.

D. Etude 4

Ce recueil de données a commencé le 18 octobre 2019 et s'est achevé le 07 février 2020.

Il porte sur 17 yeux droits et 17 yeux gauches dont 6 femmes et 11 hommes âgés de 7 à 53 ans pour une moyenne de 33 +/- 12 ans.

Comme expliqué dans la partie III.A, l'objectif de cette étude était d'analyser la validité de nos mesures. Afin d'atteindre notre but, nous avons dans un premier temps analysé et comparé deux photographies prises successivement lorsque le sujet portait sa correction.

Ensuite, nous avons fait de même avec deux photographies prises l'une après l'autre, lorsqu'il ne portait pas ses lunettes.

Les résultats obtenus sont renseignés dans le tableau 19 ci-dessous.

	Oeil droit				Oeil gauche			
	CO1	CO2	SCO1	SCO2	CO1	CO2	SCO1	SCO2
Moyenne de l'équivalent sphérique (en δ)	0,00		-0,91		0,00		-1,27	
Moyenne de l'angle Kappa (en $^{\circ}$)	6,34	6,98	5,93	6,36	5,67	5,13	5,55	5,38
Ecart-type	1,58	1,37	1,51	1,70	1,99	1,73	2,24	2,44
Médiane	6,60	6,90	5,89	6,51	5,96	5,27	5,80	6,09
Max	2,71	3,82	2,94	3,88	9,60	8,01	9,00	9,69
Min	9,29	9,84	8,10	9,72	1,82	2,31	0,70	-0,64
P-value	0,17		0,43		0,49		0,64	

« CO1 » : photographie 1 avec la correction portée, « CO2 » : photographie 2 avec la correction portée,
 « SCO1 » : photographie 1 sans la correction portée, « SCO2 » : photographie 2 sans la correction portée,

Tableau 19 : résultats obtenus pour le groupe 4

Pour cette étude, notre échantillon se compose de 17 patients (n=17). Nous utilisons alors le test de Wilcoxon. Par l'analyse des photographies successives lorsque les sujets portent leurs lunettes, nous obtenons un p-value égal à 0,17 pour l'oeil droit et 0,50 pour l'oeil gauche c'est-à-dire supérieur à 0,05.

De même, le test statistique concernant les sujets ne portant pas leur correction optique révèle un p-value de 0,43 pour l'oeil droit et 0,64 pour l'oeil gauche (soit $p > 0,05$ également).

De ce fait nous pouvons affirmer, pour cette étude 4, que nous ne constatons pas de différence significative d'angle kappa entre deux photographies successives quelque soit l'oeil étudié.

Ainsi, nous pouvons confirmer que l'analyse de l'angle kappa par la méthode photographique n'est pas photo-dépendante.

IV. Hypothèses et discussion

Dans ce mémoire, nous mettons en évidence une corrélation entre l'angle kappa et l'amétropie du sujet. Cependant, d'importantes variations apparaissent au sein des différentes amétropies.

Etant donné que la majorité des patients constituant notre base de données provient de consultations strabologiques, ces variations pourraient être expliquées par la présence accrue d'un strabisme rendant compliquée la mesure stricte de l'angle kappa.

De même, la fiabilité du programme OptiView® n'a pas été testée, les variations expliquées ci-dessus pourraient également provenir d'un manque de précision du logiciel.

Une seconde hypothèse émane de nos recherches : la longueur axiale serait responsable des variations de l'angle kappa selon l'amétropie.

Pour rappel, la puissance réfractive de l'oeil est délivrée par deux dioptries optiques principaux que sont la cornée et le cristallin. Lorsque cette puissance globale est en inadéquation avec la longueur axiale, cela génère des amétropies qui peuvent être corrigées de diverses manières : port de lunettes, chirurgie réfractive (LASIK et implants intraoculaires), port de lentilles de contact.

Ici, aucune différence significative d'angle kappa n'a été trouvée lorsque les troubles réfractifs étaient corrigés par les lunettes ou par la chirurgie réfractive (LASIK).

De ce fait, une étude plus poussée sur la variation de l'angle kappa chez les sujets porteurs d'implants intraoculaires ou porteurs de lentilles de contact serait judicieuse afin d'explorer tous les modes de correction optique.

En effet, cela permettrait de vérifier si la modification de la puissance cristallinienne ou la modification de la puissance réfractive de l'oeil influent sur l'angle kappa du sujet. Nous pourrions alors conclure sur l'impact de la puissance réfractive oculaire sur les variations de cet angle.

Ainsi, nous pourrions infirmer ou confirmer cette seconde hypothèse.

Conclusion

Pour conclure, cette étude met en évidence un lien entre l'angle kappa et l'amétropie.

En revanche, plusieurs études complémentaires devront être menées afin de confirmer les hypothèses mises en évidence dans ce mémoire.

En conséquence, nous recommandons :

- de continuer l'exploration de notre base de données en se concentrant majoritairement sur des sujets orthotropiques,
- d'étudier la part de la puissance cristallinienne sur l'angle kappa par l'intermédiaire de sujets porteurs d'implants pseudo-phakes,
- de poursuivre l'étude de la part de la puissance réfractive de l'oeil sur l'angle kappa par l'intermédiaire de sujets porteurs de lentilles de contact ou d'implants phakes,
- d'évaluer la fiabilité du logiciel OptiView, en analysant deux fois une même photographie et en comparant, par la suite, les résultats obtenus.

Bibliographie

- (1) Plessis Manon, Sybille Hogedé, Pêchereau Alain, & Couret Chloé (2019). « *Mise en place de la méthode photographique de la mesure de l'angle du strabisme dans le service du CHU de Nantes* ». Nantes : Université de Nantes.
- (2) Cochener, Béatrice, Catherine Albou-Ganem, Gilles Renard, et Société Française d'Ophtalmologie (SFO) (2012). « *Presbytie* ». Vol. 1. Rapport SFO. Elsevier Masson. https://www.em-consulte.com/em/SFO/rapport/file_100016.html.
- (3) Pêchereau, A & J. (2007) « *Dictionnaire du strabisme : physiologie et clinique* ». Nantes. <http://www.strabisme.net/strabologie/Telechargement/files/DictStrab.pdf>
- (4) AAO, American Academy of Ophthalmology. (19 juin 2013) « *Angle kappa* ». <https://www.aao.org/image/angle-kappa-2>.
- (5) Collège des Ophtalmologistes Universitaires de France (COUF). (2013) « *Réfraction et anomalies de la réfraction* ». Item 83 (Item 287). <http://campus.cerimes.fr/ophtalmologie/poly-ophtalmologie.pdf>
- (6) Roth, André, Charles Rémy, Mario Angi, Marie de Bideran, Jean-Pierre Bonnac, Véronique Capart, Jean-Claude Charlot, et al. (2006) « *La réfraction* ». A & J Pêchereau. https://www.larefraction.net/Telechargement/TelechTexte/files/EON_Refraction.pdf.
- (7) Roth, André, Alain Gomez, et Alain Pêchereau. (2007) « *La réfraction de l'oeil : du diagnostic à l'équipement optique* ». Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson.
- (8) Gatinel, Damien. (11 août 2018) « *Hypermétropie* ». <https://www.gatinel.com/chirurgie-refractive/hypermétropie/>.
- (9) Gatinel, Damien. (5 décembre 2019) « *La myopie* ». <https://www.gatinel.com/chirurgie-refractive/myopie-5/>.
- (10) Dr, Duplicy. (2013) « *Les techniques de la chirurgie laser* ». Reims <https://www.chirurgie-yeux-reims.fr/lasik-pkr/>.
- (11) Gatinel, Damien. (20 février 2020) « *Chirurgie de la myopie - laser LASIK implants* ». Docteur Damien Gatinel (blog). <https://www.gatinel.com/chirurgie-refractive/correction-de-la-myopie/>.
- (12) Gatinel, Damien. (9 octobre 2016) « *LASIK et hypermétropie* ». Docteur Damien Gatinel (blog). <https://www.gatinel.com/chirurgie-refractive/les-techniques-operatoires/lasik-technique-avec-decoupe-de-capot/lasik-et-hypermétropie/>.
- (13) Choi, SR, et US Kim. (2013) « *The correlation between angle kappa and ocular biometry in Koreans* ». <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24311927>.
- (14) Allary, Jean-Charles. (2018) « *Réfraction oculaire et vision binoculaire* ». Tec & Doc Lavoisier.

- (15) Hashemi, Hassan, Mehdi KhabazKhoob, Kamran Yazdani, Shiva Mehravaran, Ebrahim Jafarzadehpur, et Akbar Fotouhi. (décembre 2010) « *Distribution of Angle Kappa Measurements with Orbscan II in a Population-Based Survey* ». Journal of Refractive Surgery.
<https://doi.org/10.3928/1081597X-20100114-06>
- (16) Godefroy Marie, David Stécy, & Couret Chloé. (2019). « *Biométrie et réfraction: Faisabilité de la biométrie chez l'enfant, comparaison des données biométriques à la réfraction cycloplégée et analyse des données pré et post-opératoires de chirurgie de cataracte comparées à la réfraction post-opératoire* ». Nantes : Université de Nantes.
- (17) Zarei-Ghanavati, S., Gharaee, H., Eslampour, A. et al. (2014). « *Angle kappa changes after photorefractive keratectomy for myopia* ». Int Ophthalmol.
<https://doi.org/10.1007/s10792-013-9775-x>
- (18) Khakshoor, Hamid, Michael V McCaughey, Amir Hossein Vejdani, Ramin Daneshvar, et Majid Moshirfar. (29 janvier 2015) « *Use of angle kappa in myopic photorefractive keratectomy* ». Auckland, N.Z. : Clinical Ophthalmology.
<https://doi.org/10.2147/OPTH.S70690>.

Résumé

L'angle kappa est une valeur nécessaire à l'élaboration d'une bonne stratégie chirurgicale dans le cadre de l'opération d'un trouble réfractif ou bien d'un angle strabique.

Son lien avec l'amétropie est mis en avant dans de nombreuses études.

Cependant, comment est-il expliqué ?

Pour répondre à cette problématique, nous avons étudié d'une part l'impact de la longueur axiale et de l'amétropie sur les variations de l'angle kappa.

D'autre part, nous avons analysé l'impact de la puissance réfractive de l'oeil à travers la suppression du trouble réfractif par le port d'une monture optique ou par la chirurgie réfractive.

Mots-clés : angle kappa, amétropie, longueur axiale, chirurgie réfractive, méthode photographique, orthoptie