



APHAKIE ET PSEUDOPHAKIE

AUTEUR

Prof. Earl L. Smith III: Université de Houston

RÉVISEUR

Prof. Emeritus Barry L. Cole: Université de Melbourne

INTRODUCTION ET VUE D'ENSEMBLE

Ce chapitre inclut une revue de:

- Yeux aphaques corrigés en lunettes
- Yeux aphaques corrigés en lentilles cornéennes
- Yeux aphaques corrigés en lentilles intraoculaires

Le terme aphakie signifie “pas de lentille” (a=pas; phakos=lentille). Un œil aphaque est simplement un œil sans cristallin. L'aphakie peut être le résultat d'une anomalie congénitale ou d'un trauma, mais est plus communément associée à une chirurgie consistant à retirer un cristallin avec cataracte. Les individus aphaques ont les plus grandes erreurs réfractives rencontrées de routine dans une pratique optométrique typique. À cause de l'ampleur de l'erreur réfractive produite par l'extraction du cristallin, une considération spéciale doit être portée à ces patients lorsqu'ils sont corrigés à l'aide de dispositifs optiques traditionnels (par exemple, lunettes ou lentilles cornéennes).

YEUX APHAQUES CORRIGÉS EN LUNETTES

Quand des individus aphaques sont corrigés en lunettes, il est important de considérer 1) les effets de la puissance et de la forme de la lentille correctrice sur la taille de l'image rétinienne, 2) les limitations du champ visuel associées à l'effet prismatique de la lentille correctrice, et 3) les distorsions associées aux aberrations optiques.

TAILLE DE L'IMAGE RÉTINIENNE

Dans le but d'évaluer l'effet d'une lentille correctrice sur la taille de l'image rétinienne, un modèle d'œil schématique approprié doit être développé. Une version modifiée d'un œil schématique simplifié (comme l'œil #2 de Gullstrand) constitue un œil schématique aphaque utile et pratique. Dans l'œil #2 de Gullstrand, la cornée est considérée comme infiniment mince et on la représente par une surface réfractive sphérique simple séparant l'air de l'humeur aqueuse. Ainsi, lorsque le cristallin est retiré de l'œil schématique simplifié de Gullstrand, le modèle prend alors les caractéristiques d'un modèle simplifié. Les plans principaux sont déplacés vers l'avant et se rejoignent pour former un point principal unique correspondant au vertex de la cornée. Les points nodaux se déplacent vers l'arrière et forment un point nodal unique qui coïncide avec le centre de courbure de la cornée. La figure 5.1 illustre les dimensions de base d'un œil schématique simplifié modifié pour pouvoir s'appliquer à un œil aphaque (ceci est une version de l'œil #2 de Gullstrand).

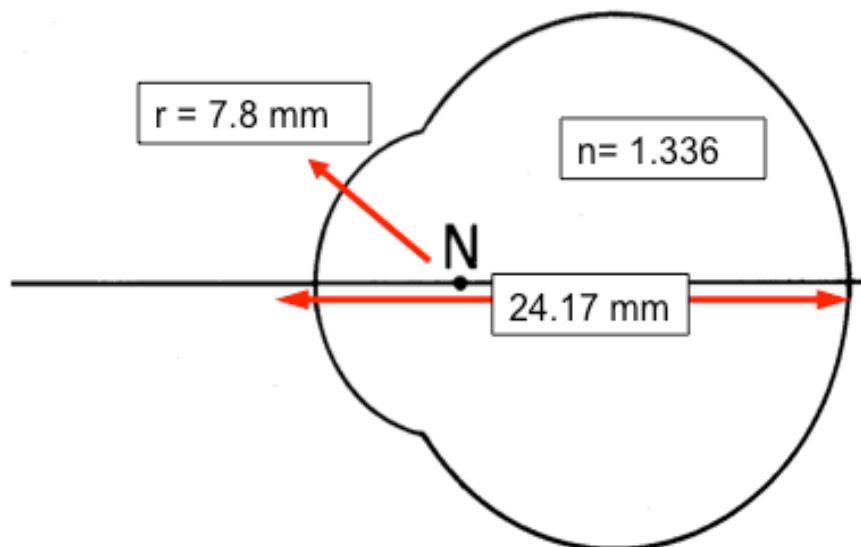


Figure 5.1: Dimensions d'un œil schématique simplifié modifié pour s'appliquer à l'aphakie (d'après l'œil #2 de Gullstrand)

Note: Évidemment, l'aphakie est à la base une amétropie réfractive. Cependant, elle ne peut pas être représentée correctement en modifiant l'œil emmétrope réduit d'Emsley comme nous l'avons précédemment fait lorsque nous considérons les effets de lentilles correctrices sur la taille de l'image rétinienne d'erreurs réfractives plus typiques (c'est-à-dire qu'on ne peut pas simplement augmenter le rayon de courbure de la surface réfractive équivalente de l'œil réduit d'Emsley pour créer une hypermétropie réfractive élevée). Ces manipulations simples ne sont pas appropriées dans le cas d'un œil aphaque, parce qu'on ne peut prendre pour acquis que l'erreur réfractive d'un œil aphaque soit exclusivement axiale, ou exclusivement réfractive de nature. Les erreurs réfractives aphaques ont plutôt à la fois une composante axiale et réfractive. Le déplacement vers l'avant des principaux plans représente une elongation axiale; le déplacement vers l'arrière des points nodaux reflète la nature réfractive de l'amétropie.

Afin de déterminer l'effet des lentilles de lunettes sur la taille de l'image rétinienne dans un œil aphaque, l'ampleur de l'erreur de réfraction doit être déterminée. S'il est présumé que l'œil aphaque était emmétrope avant le retrait du cristallin, on peut adopter les dimensions standards de l'œil schématisé simplifié. L'erreur réfractive de l'œil est donc alors simplement la différence entre la puissance réfractive totale de l'œil aphaque et la puissance réfractive nécessaire pour mettre à foyer sur la rétine des rayons lumineux parallèles provenant d'un objet situé à l'infini. Puisque les yeux aphaques n'ont pas de cristallin, la puissance réfractive totale de l'œil est égale à la puissance de la cornée. Pour le modèle schématisé aphaque,

$$F_{\text{œil}} = \frac{(n' - n)}{r} = \frac{(1.336 - 1.0)}{0.0078 \text{ m}} = +43.08 \text{ D}$$

La puissance réfractive nécessaire pour mettre à foyer des rayons lumineux parallèles sur la rétine est égale à la vergence réduite associée à la distance entre le plan principal de l'œil et la rétine (dans ce cas, la longueur axiale de l'œil; 24,17 mm).

$$L' = \frac{1.336}{0.02417 \text{ m}} = +55.3 \text{ D}$$

La puissance additionnelle qui doit être ajoutée par la cornée pour la mise au point de l'œil aphaque pour l'infini est

$$K = 55.3 \text{ D} - 43.08 \text{ D} = +12.22 \text{ D}$$

c'est-à-dire que l'œil aphaque est hypermétrope de 12,22 D.

Supposez que ceci est un œil aphaque corrigé par des lunettes placées à 14 mm de distance vertex (voir figure 5.2). Quels seraient le grossissement relatif engendré par les lunettes (GRL) et le grossissement en lunettes (GL) associés à cette stratégie de correction?

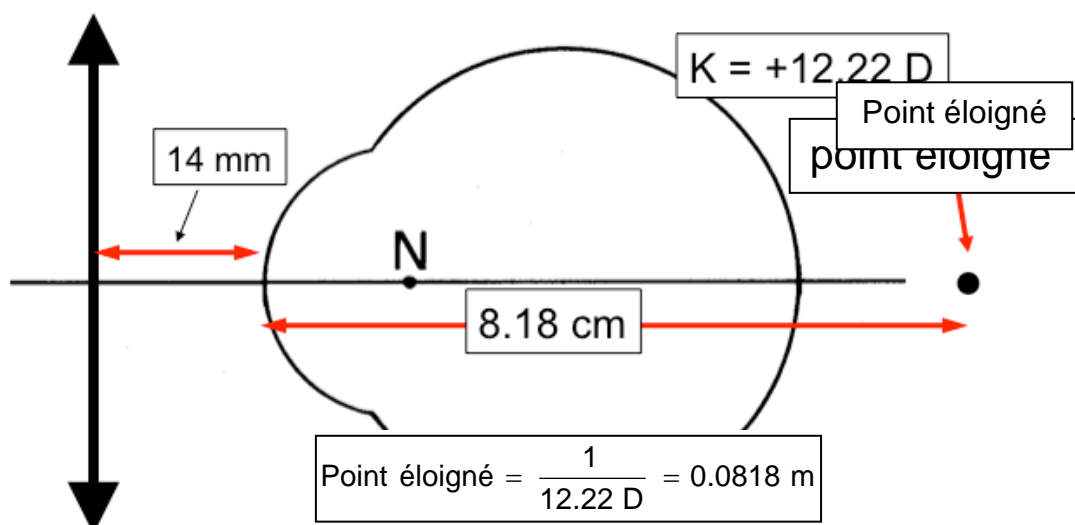


Figure 5.2: Un œil aphaque corrigé en lunettes placées à 14 mm de distance vertex

Une des procédures les plus directes pour déterminer le **grossissement relatif engendré par les lunettes** dans ce cas-ci implique de calculer la puissance équivalente totale de la combinaison de l'œil aphaque et de la lentille. Premièrement, la puissance effective nécessaire des lentilles de lunettes doit être calculée.

$$F_v = \frac{1}{\text{distance entre le plan de la lunette et le PR de l'œil}}$$

L'emplacement du PR (Punctum remotum) de l'œil peut être déterminé par la réfraction de l'œil.

$$\text{PR} = \frac{1}{12.22 \text{ D}} = 0.0818 \text{ m}$$

Ici le PR est 8,18 cm derrière la cornée.

La distance focale de la lentille correctrice doit être égale à la distance du plan de la lunette au PR de l'œil (par exemple ici 8,18 cm + 1,4 cm = 9,58 cm). Donc, la puissance requise est

$$F_v = \frac{1}{(0.0818 + 0.014 \text{ m})} = +10.43 \text{ D}$$

Puisque le GRL est égal au ratio des puissances réfractives de l'œil emmétrype standard et de la combinaison œil aphaque-lentille, la relation suivante peut être utilisée pour déterminer le lien entre les tailles d'images rétinienne d'un œil emmétrype et d'un œil aphaque.

$$\text{GRL} = \frac{+60 \text{ D}}{43.08 \text{ D} + 10.43 \text{ D} - [(0.014)(43.08 \text{ D})(10.43 \text{ D})]}$$

$$\text{GRL} = \frac{+60 \text{ D}}{47.228 \text{ D}} = 1.27$$

c'est-à-dire que la taille de l'image rétinienne dans cet œil aphaque est environ 27% plus grande que dans un œil emmétrype standard.

Le grossissement engendré par les lunettes peut être facilement calculé en suivant la relation suivante :

$$\text{GL} = \frac{\text{distance entre le PR et le plan des lunettes}}{\text{distance entre le PR et le plan principal}}$$

$$\text{GL} = \frac{9.58 \text{ cm}}{8.18 \text{ cm}}$$

$$\text{GL} = 1.17$$

c'est-à-dire que la correction en lunettes augmente la taille de l'image non-correctée d'environ 17%.

Le fait que le GRL soit plus grand que le GL dans ce cas-ci souligne le fait qu'une portion de l'amétropie de cet œil aphaque est de nature axiale. Spécifiquement, la distance entre le plan principal de cet œil aphaque et la rétine est plus grande que la distance correspondante dans l'œil emmétrype.



GROSSISSEMENT DÛ À LA FORME

Les valeurs de GRL et de GL calculées ci-dessus reflètent seulement les effets de la puissance des lentilles correctrices sur la taille de l'image rétinienne. Pour la plupart des erreurs réfractives, la lentille correctrice peut être considérée infiniment mince et la contribution de la forme de la lentille au grossissement de l'image peut être ignorée. Cependant, les lentilles de lunettes pour aphaques ont typiquement une épaisseur au centre entre 6,0 et 7,0 mm, donc l'influence de la forme de la lentille correctrice sur la taille finale de l'image rétinienne doit être considérée (figure 5.3).

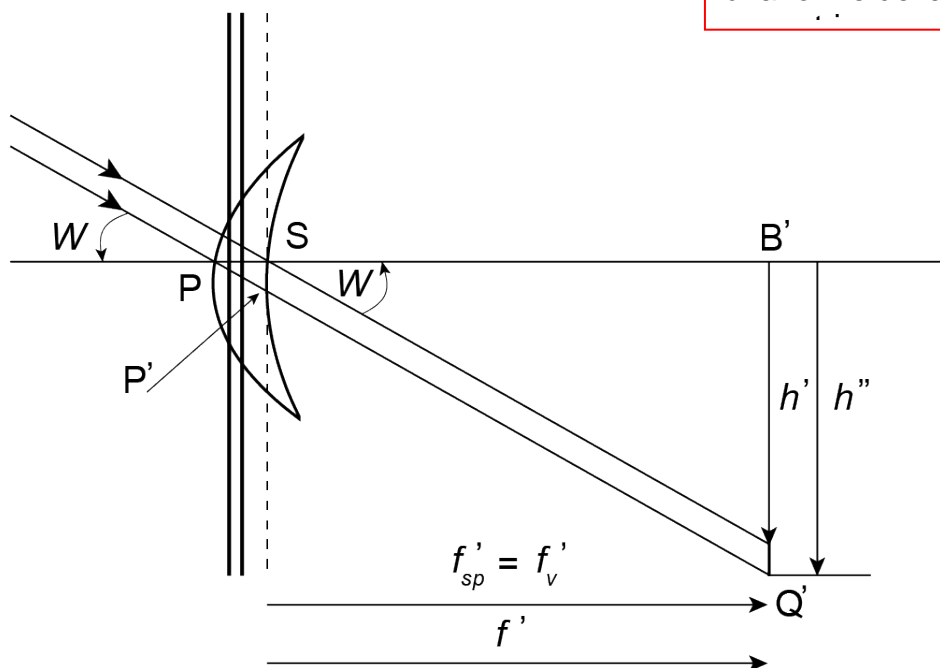
Le grossissement dû à la forme est le grossissement angulaire qui est produit par la forme de la lentille correctrice et elle est relié au fait qu'avec des lentilles épaisses, le plan principal secondaire de la lentille correctrice ne correspond pas à la distance vertex arrière de la lentille. Le grossissement dû à la forme (S) pour une lentille correctrice (facteur forme) dépend de l'épaisseur de la lentille (e), de l'indice de réfraction de la lentille (n), et de la puissance de la face avant (F_1). La relation suivante peut être utilisée pour calculer le grossissement dû à la forme:

$$S = \frac{1}{1 - (e/n) F_1}$$

Rayons provenant d'un objet éloigné

Grossissement dû à la forme

Grossissement angulaire dû à la forme de la lentille



Avec une lentille épaisse, les plans principaux ne correspondent pas au vertex arrière de la

h' = taille de l'image basée sur la puissance au vertex arrière

h'' = taille de l'image basée sur la puissance réelle

Figure 5.3: Influence de la forme de la lentille correctrice sur la taille finale de l'image rétinienne doit être considérée

Le tableau suivant présente des facteurs de forme typiques pour différentes lentilles convexes (lentilles positives):

Puissance de la lentille (D)	Épaisseur au centre (mm)	Facteur forme
+2.00	2.5	1.01
+4.00	3.6	1.02
+6.00	4.8	1.03
+8.00	5.0	1.04
+10.00	6.0	1.05
+12.00	6.8	1.06
+14.00	7.6	1.08
+16.00	8.4	1.10

De ce tableau, on voit que l'ampleur du facteur forme ne devient pas significatif jusqu'à ce que la puissance de la lentille excède environ 8,00 D. Mais, pour de forts hypermétropes et les individus aphaques typiques, le facteur forme doit être considéré pour déterminer les GRL et GL totaux. Les GRL et GL totaux sont donnés par les formules suivantes:

$$\text{GL total} = \text{GL} \times S$$

$$\text{GRL total} = \text{GRL} \times S$$

c'est-à-dire que les grossissements totaux sont obtenus en multipliant les valeurs de GRL et GL produites par la puissance de la lentille correctrice par le grossissement angulaire (S) produit par la forme de la lentille.

Note: Gardez en tête que puisque l'épaisseur d'une lentille négative n'augmente pas avec la puissance, le grossissement dû à la forme n'est pas important à considérer pour les corrections myopes, même quand l'amétropie est élevée..

Pour l'oeil aphaque considéré au-dessus, si on suppose que le facteur forme est 1,06, les valeurs totales de GRL et GL seront :

$$\text{GL total} = 1.17 \times 1.06 = 1.24$$

$$\text{GRL total} = 1.27 \times 1.06 = 1.35$$

Dans cet exemple, l'oeil aphaque était emmétrope avant le retrait du cristallin. Le GRL final est différent si l'œil était amétrope avant le retrait du cristallin. Si l'œil était axialement myope avant de devenir aphaque, le GRL final serait plus grand que dans un œil préalablement emmétrope. Si l'œil avait une réfraction hypermétrope préalablement au retrait de cristallin, le GRL serait également plus élevé que dans l'œil emmétrope précédent.

Limitations de champ visuel

En plus d'éprouver des difficultés associées au grossissement produit par des lentilles de lunettes positives de puissance élevée, les aphaques vivent des limitations au niveau du champ visuel à cause de l'effet prismatique de ces lentilles. Considérez l'effet prismatique au bord d'une lentille +10,00 D qui a un diamètre total de 40 mm. La puissance prismatique au bord de la lentille peut être calculé par la loi de Prentice.

$$\text{puissance du prisme} = \text{puissance de la lentille (D)} \times \text{distance du centre optique (cm)}$$

En présumant que le centre optique de la lentille corresponde au centre géométrique de la lentille, l'effet prismatique au bord de la lentille décrite ci-haut serait :

$$\text{puissance du prisme} = +10,00 \text{ D} \times 2,0 \text{ cm} = 20 \text{ dioptries prismatiques}$$

La figure 5.4 illustre comment les caractéristiques prismatiques d'une lentille convexe de forte puissance peuvent résulter en un scotome apparent dans le champ visuel du patient. Le patient fixe une cible éloignée à travers le centre optique d'une lentille de forte puissance positive. Les rayons d'une série d'objets périphériques qui sont dirigés au centre de la pupille d'entrée de l'oeil sont illustrés. Pour les objets de l'extrême périphérie, les rayons ne passeront pas à travers la lentille correctrice, mais passeront plutôt derrière le bord de la lentille. Ces rayons sont en mesure d'atteindre la rétine et de produire des sensations visuelles qui peuvent être perçues (c'est-à-dire que le patient peut voir des objets placés à ces endroits). Cependant, il y aura des séries de positions d'objets pour lesquelles les rayons principaux de l'objet vont faire intersection au bord périphérique de la lentille et seront déviés de façon telle qu'ils n'entreront pas dans l'oeil (les objets placés à ces endroits ne peuvent pas être vus). Comme les positions d'objets plus rapprochées sont considérées, il y aura une position où la lumière, malgré qu'elle soit déviée par l'effet prismatique de la lentille, entrera dans l'oeil. Les objets placés dans cette position peuvent être vus. Tous les objets situés plus au centre que ce point peuvent également être visualisés.

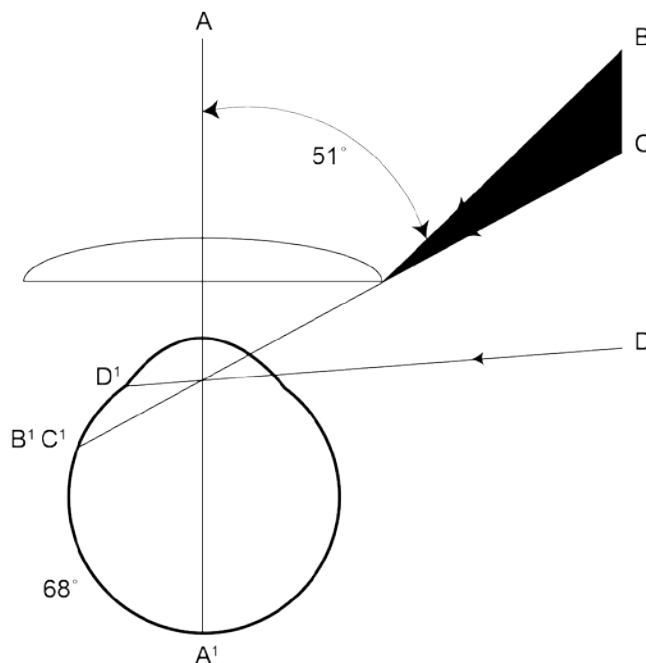


Figure 5.4: Illustre comment les caractéristiques prismatiques d'une lentille convexe de forte puissance peuvent résulter en un scotome apparent dans le champ visuel du patient

L'effet prismatique global produit par les lentilles positives de forte puissance est une zone aveugle qui entoure le champ visuel central, soit un scotome annulaire. La position et la taille angulaire du scotome dépendent d'une variété de facteurs, incluant la puissance de la lentille, le diamètre de la lentille, la distance vertex et la taille de la pupille du patient. Typiquement, le scotome commence à environ 50° de l'axe optique lorsque le patient regarde droit devant à travers le centre optique de la lentille et s'étendra sur une zone d'environ 12° à 18°.

Tel qu'illustré dans la figure 5.5, lorsque l'oeil effectue une rotation pour visualiser un objet périphérique, les effets prismatiques de la lentille font varier la quantité de rotation requise pour fixer un objet en dehors de l'axe optique de la lentille. Dans cet exemple, l'oeil effectue une rotation pour fixer un objet situé à 20° à droite de l'axe optique. À cause de la déviation prismatique créée par la lentille, l'oeil doit effectuer une rotation d'environ 27° (pour une lentille de +12,00 D) pour fixer l'objet. Le scotome annulaire est maintenant situé à seulement environ 30° de l'axe visuel de l'oeil, c'est-à-dire que le scotome est perçu comme déplacé dans la direction opposée de la rotation de l'oeil. Puisque la position de ce scotome annulaire, par rapport à l'axe visuel de l'oeil, varie en fonction de la position de l'oeil, on l'appelle souvent un «scotome annulaire mobile».

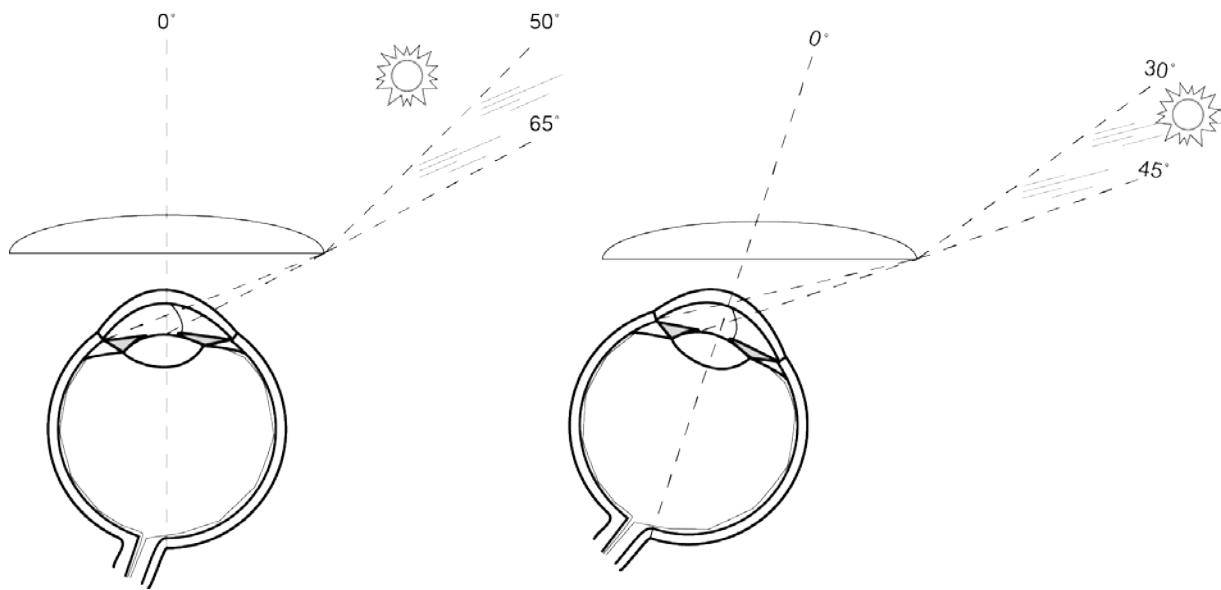


Figure 5.5: L'effet prismatique d'une lentille crée un scotome qui empêche la visualisation d'un objet d'intérêt lorsque l'oeil effectue une rotation pour visualiser un objet situé en périphérie

Les scotomes annulaires mobiles associés aux lentilles fortement positives sont responsables d'un symptôme souvent rapporté par les aphaques corrigés en lunettes qu'on appelle le phénomène de «boîte à surprise». Ce phénomène fait référence à l'apparition (ou la disparition) soudaine d'un objet périphérique qui était préalablement invisible dû au scotome annulaire, mais qui est devenu visible, soit à cause d'un mouvement de l'œil du patient ou d'un mouvement de l'objet lui-même. Cela peut être particulièrement dérangement lorsqu'un objet périphérique attire l'attention du patient et que celui-ci tourne les yeux pour fixer l'objet. Dans certains cas, le scotome annulaire se déplacera de façon à cacher l'objet d'intérêt.

Distorsion en coussinet

En plus du grossissement des objets paraxiaux, les lentilles fortement positives requises pour corriger l'aphakie créent un grossissement différentiel à travers le champ visuel. L'œil d'un individu phaque normal ne souffre pas d'une quantité significative d'aberrations en coussinet ou en barillet (tel que discuté dans la section sur les aberrations optiques). Cependant, le retrait du cristallin, ainsi que les effets de lentilles de forte puissance positive, produisent un degré significatif de distorsion en coussinet (c'est-à-dire que la partie périphérique du champ visuel est grossie plus que le champ visuel central). En conséquence, les lignes droites du champ périphériques peuvent apparaître courbées. La distorsion en coussinet produite par des lunettes d'aphaque est amplifiée si la lentille correctrice crée également des aberrations sphériques. La contribution de la lentille correctrice à la distorsion du champ visuel peut être minimisée en utilisant des lentilles asphériques (lentilles corrigées pour les aberrations sphériques) pour corriger l'aphakie du patient (les lentilles asphériques réduiront également la taille du scotome annulaire). La majorité des lentilles aphaques employées aujourd'hui sont asphériques.

YEUX APHAQUES CORRIGÉS EN LENTILLES CORNÉENNES

Puisque l'aphakie est principalement une amétropie réfractive, le GRL et le GL sont considérablement réduits lorsque les yeux aphaques sont corrigés en lentilles cornéennes. La figure 5.6 illustre les effets de lentilles cornéennes sur la taille de l'image rétinienne de l'œil aphaque utilisé dans les exemples précédents.

Dans les yeux aphaques, la cornée est la seule structure réfractive. De plus, les plans principaux de la cornée sont très rapprochés, et très près de l'apex de la cornée. En conséquence, lorsque les yeux aphaques sont corrigés en

lentilles cornéennes, la lentille correctrice peut être considérée comme coïncidant avec le plan principal de l'œil. Donc, lorsque l'œil aphaque est corrigé en lentilles cornéennes, le GL est égal à 1,0, c'est-à-dire que la correction en lentilles cornéennes n'altère pas la taille de l'image rétinienne non corrigée (souvenez-vous que le centre optique de la lentille cornéenne est considéré comme correspondant au vertex de la cornée). Cependant, contrairement aux yeux phasques ayant une amétropie réfractive, le GRL n'est pas égal au GL. Le GRL dans l'œil aphaque corrigé en lentilles cornéennes sera supérieur à 1,0 puisqu'il y a une composante axiale à l'amétropie aphaque.

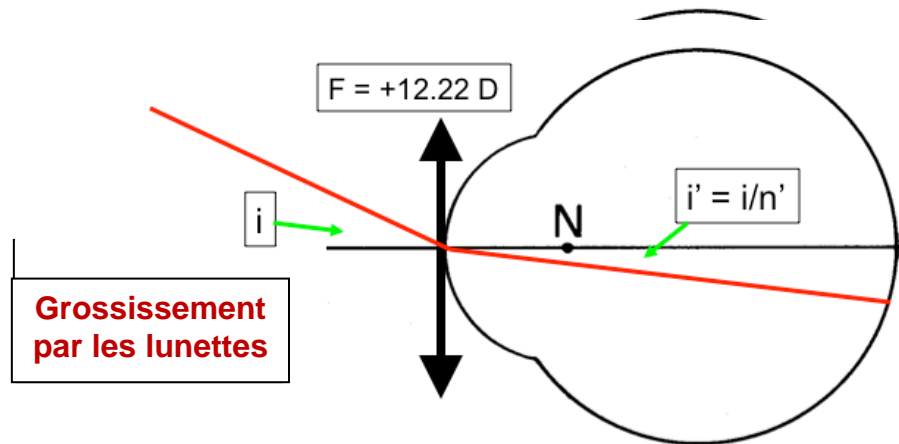


Figure 5.6: La correction en lentilles cornéennes n'altérera pas la taille de l'image rétinienne non-corrigée

Pour calculer le GRL dans un œil aphaque corrigé en lentilles cornéennes, il faut connaître soit la réfraction oculaire ou la longueur axiale de l'œil (dans ce cas-ci, la distance entre le plan principal de l'œil et la rétine). Dans la solution suivante, le GRL est calculé en se basant sur la puissance équivalente de la combinaison œil-aphaque-lentille.

$$\text{GRL} = \frac{+60 \text{ D}}{+43.08 \text{ D} + 12.22 \text{ D} - (0.0)(43.08 \text{ D})(12.22 \text{ D})}$$

Le principal avantage d'employer cette relation pour déterminer le GRL est que le facteur qui prend en compte la séparation entre les éléments réfractifs est de zéro lorsque la lentille correctrice coïncide avec le plan principal de l'œil. En conséquent, la puissance équivalente de la combinaison œil-lentille est simplement égale à la puissance de l'œil plus la puissance de la lentille correctrice :

$$\text{GRL} = \frac{+60 \text{ D}}{12.22 \text{ D} + 43.08 \text{ D}} = 1.08$$

L'équation suivante peut être utilisée si l'on connaît la longueur axiale de l'œil.

$$\text{GRL} = \frac{\text{taille de l'image pour œil amétrope corrigé}}{\text{taille de l'image pour œil emmétrope}}$$

Supposons qu'un objet éloigné sous-tende un angle visuel de 0,1 radians au plan principal de l'œil aphaque. Puisque le centre optique de la lentille correctrice correspond au vertex de la surface réfractive, un rayon dirigé sur le vertex de la cornée ne sera pas dévié par la lentille correctrice. Le rayon sera réfracté par la cornée et l'angle que sous-tendra l'image rétinienne au plan principal pourra être obtenu en utilisant une version simplifiée de la loi de Snell. La taille de l'image rétinienne peut donc être déterminée par simple géométrie.

$h' =$ taille de l'image rétinienne (œil aphaque)

$h' = 0,075 \text{ rad (angle de l'image)} \times 24,17 \text{ mm (longueur axiale)}$

$h' = 1,81 \text{ mm}$

La taille de l'image rétinienne formée dans l'oeil emmétropique réduit d'Emsley peut être calculée de façon similaire (1,678 mm). Le GRL peut ainsi être calculé comme suit:

$$\text{GRL} = \frac{1.81 \text{ mm}}{1.67 \text{ mm}} = 1.08$$

La taille de l'image rétinienne dans l'œil aphaque corrigé en lentilles cornéennes est environ 8% plus grande que l'image dans un œil emmétrope standard.

Note: Il est généralement admis qu'une différence interoculaire de taille d'image rétinienne d'environ 5% est suffisante pour perturber la vision binoculaire simple (cause de diplopie, altération de la perception spatiale, asthénopie, etc.) Il est évident, par les exemples ci-dessus, qu'un individu aphaque monoculaire en lentilles de lunettes correctrices traditionnelles souffrira d'un degré d'aniséiconie cliniquement significatif. Il a été rapporté que des aphaques monoculaires corrigés en lentilles cornéennes sont capables d'obtenir une vision binoculaire simple avec une différence de tailles d'images rétiniennes aussi grande que 10%. Cependant, même corrigés en lentilles cornéennes, les aphaques monoculaires typiques n'obtiennent pas de vision binoculaire simple.

D'un point de vue optique, la correction d'un oeil aphaque avec des lentilles cornéennes a plusieurs avantages par rapport à la correction en lunettes. Cependant, il y a certains désavantages à considérer. Typiquement, les individus aphaques sont plus âgés que les patients phiques. En conséquent, leur cornée peut ne pas être capable de tolérer des lentilles cornéennes aussi bien que celle des jeunes patients. Ces patients plus âgés peuvent également manquer de dextérité nécessaire pour insérer et retirer des lentilles cornéennes correctement. Ce problème est amplifié par le fait que jusqu'à l'insertion de la lentille, ces patients ont une très grande erreur réfractive hypermétrope et aucune accommodation.

YEUX APHAQUES CORRIGÉS EN LENTILLES INTRAOCULAIRES

À la lumière de tous les désavantages optiques liés à la correction des yeux aphaques en lunettes et en lentilles cornéennes, il n'est pas surprenant que de nombreux efforts aient été déployés pour développer des stratégies de correction alternatives. L'approche la plus logique est de remplacer le cristallin par une lentille artificielle positionnée aussi près que possible de la position normale de la lentille naturelle. Même si l'idée de remplacer un cristallin affecté d'une cataracte par une lentille intraoculaire artificielle (LIO) n'est pas nouvelle (il y a des rapports de tentatives de remplacer le cristallin par une lentille artificielle datant d'il y a 200 ans), les avancées dans les procédures chirurgicales et le développement continu de matériaux de lentilles et de designs qui sont facilement tolérés par l'œil ont fait des implants LIO la stratégie de traitement de choix pour l'aphakie. De récents sondages indiquent qu'approximativement 98% des individus rendus aphaques suite au retrait d'un cristallin présentant une cataracte sont maintenant corrigés par des LIO.

Tel qu'illustré dans la Figure 5.7, il existe une grande variété de designs de LIO. Les LIO sont habituellement classées selon l'emplacement de la portion optique de la lentille ou de la structure de support. Il y a trois grandes classes de LIO:

1. **Lentilles de chambre antérieure** : les composantes optiques de la lentilles sont dans la chambre antérieure et sont typiquement supportées par des appendices qui sont insérés dans l'angle de la chambre antérieure.
2. **Lentilles pupillaires** (fixées à l'iris) : la portion optique du dispositif est dans le plan de la pupille et est typiquement supportée par l'iris.
3. **Lentilles de chambre postérieure** : la portion optique de la lentille est dans la chambre postérieure et est typiquement supportée par la capsule postérieure du cristallin (dans le cas d'une extraction extracapsulaire) ou par les structures intégrées dans le sulcus ciliaire.

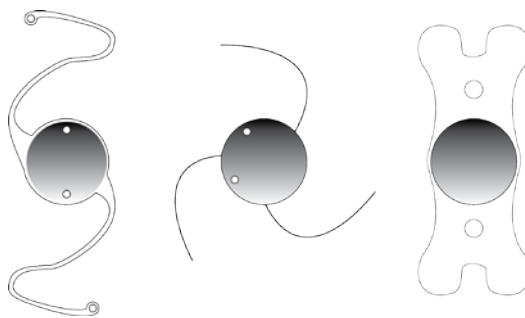


Figure 5.7: Il existe une grande variété de LIO.

Les LIO réduisent grandement le grossissement résultant de l'image lorsqu'un œil aphaque est corrigé. Cependant, puisque les LIO sont toujours situées plus antérieurement que les plans principaux du cristallin naturel, il y aura une augmentation de la taille effective de l'image rétinienne. Les lentilles de chambre antérieure et les lentilles pupillaires résultent habituellement en un grossissement post-opératoire d'environ 2 à 3%. Les lentilles de chambre postérieure puisqu'elles sont situées plus près de la position naturelle du cristallin, produisent normalement moins de 2% de grossissement de l'image post-opératoire. Évidemment, les effets grossissants des LIO sont minimes en comparaison à ceux associés à des lunettes ou à des lentilles cornéennes. Un aspect crucial lorsqu'on ajuste une LIO est de déterminer la puissance appropriée.

Trois procédures générales ont été employées pour déterminer la puissance appropriée d'un implant intraoculaire.

1. L'approche de la «lentille standard»

Cette approche implique de simplement sélectionner une lentille moyenne «standard» (aucun effort n'est fait pour déterminer la puissance optimale de la lentille). Cette procédure est typiquement employée lorsqu'une mesure préopératoire importante ne peut pas être obtenue (le praticien n'a pas de kératomètre ou un instrument à ultrasons) ou lorsque le praticien est réticent ou incapable d'utiliser un des nombreux modèles mathématiques pour déterminer la puissance appropriée. Heureusement, l'amétropie moyenne postopératoire qui résulte de l'implantation d'une lentille «standard» (communément des lentilles + 19,5 D), n'est pas très différente de la moyenne postopératoire d'amétropie obtenue lorsque les efforts sont faits pour optimiser la puissance de la LIO. Cependant, les écarts postopératoires d'amétropies obtenus avec des LIO standards sont beaucoup plus élevés que ceux obtenus lorsqu'un effort est fait pour déterminer la puissance appropriée (voir figure 5.8). Cela correspond exactement à l'effet attendu. Puisque la variation de la puissance du cristallin parmi la population adulte est petite comparativement à celle d'autres composantes optiques de l'oeil, et puisque la lentille standard est conçue pour un œil moyen, une lentille standard sera adéquate pour une grande proportion de la population générale. Par contre, pour ceux chez qui la puissance du cristallin n'est pas proche de la puissance moyenne de la population générale, l'amétropie postopératoire résultant de l'usage d'une LIO standard peut être significative. Les procédures pour optimiser la puissance d'une LIO sont faciles à employer et largement disponibles chez les manufacturiers de LIO et d'instruments. En conséquence, l'approche de la lentille standard est rarement utilisée; dans des circonstances ordinaires, il n'existe pas de bonne raison d'y avoir recours.

2. L'approche «optique» ou «anatomique»

Cette approche emploie des principes optiques visuels de base et tient compte de nombreuses constantes optiques de l'oeil du patient (voir figure 5.8). L'équation suivante est l'une d'une famille d'équations similaires (habituellement dénommées équations de Binkhorst-Colenbrander, nommées d'après les individus qui ont établi les fondements de cette approche) qui sont utilisées pour déterminer la puissance de LIO optimale:

$F(l)$ = puissance de la LIO
 F_c = puissance cornéenne
 d = distance entre la cornée et la LIO
 L = longueur axiale
 n = indice de réfraction de l'humeur aqueuse et du vitré

$$F(l) = \frac{n}{L - d} - \frac{1}{\left(\frac{1}{F_c} - \frac{d}{n} \right)}$$

L'équation de base est souvent modifiée pour considérer la distance entre l'apex de la LIO et son plan principal secondaire. Par exemple, le premier terme de l'équation ci-dessus est souvent exprimé comme suit :

$$\frac{n}{L - d - (0.000062\text{mm})}$$

La valeur de F_c dans la seconde équation est souvent modifiée pour optimiser l'amétropie postopératoire (par exemple, selon les besoins visuels du patient, il est souvent souhaitable d'avoir une amétropie postopératoire légèrement myope). La valeur de F_c modifiée est calculée comme suit:

$$F_c' = F_c + \frac{1}{\left(\frac{1}{F_s} - d_v\right)}$$

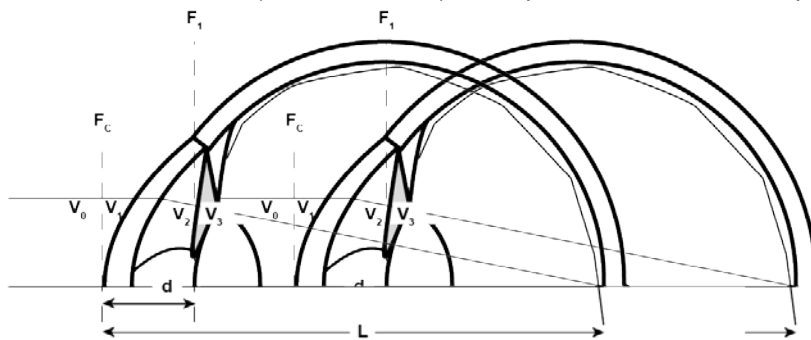
Où,

F_s = la correction en lunettes postopératoire désirée

d_v = la distance vertex de la correction postopératoire

F_c = puissance cornéenne

Avant d'utiliser cette équation pour calculer la puissance de la LIO, on mesure la puissance réfractive de la cornée (kératométrie standard; cependant dans certains cas un indice de réfraction plus faible est utilisé pour la cornée; $n = 1.332$) et la longueur axiale de l'oeil (ultrasonographie A-scan). À partir de ces mesures et de la connaissance de la position de la LIO dans l'oeil (soit la valeur D), il est possible de calculer la puissance de LIO désirée.



Équation de «Binkhorst» :

$$F_{LIO} = \frac{n}{L - d} - \frac{1}{(1/F_c) - (d/n)}$$

où

d = position de la LIO

L = longueur axiale

F_c = puissance

de la LIO

axiale

ce

Figure 5.8: L'approche 'anatomique' ou 'optique' pour le calcul de la puissance d'une LIO

La logique servant à déterminer la puissance de la LIO par cette équation est simple. D'abord, supposons qu'il est souhaitable pour l'œil d'être emmétrope avec la LIO (c'est-à-dire qu'on souhaite que la lumière provenant d'un objet éloigné qui est parallèle lorsqu'elle atteint la cornée soit mise au point sur la rétine). Le deuxième terme de cette équation calcule la vergence de la lumière à la LIO (après la réfraction par la cornée). La vergence de la lumière à la LIO est fonction de la puissance de la cornée et de la distance entre la cornée et la LIO. Pour atteindre les objectifs de la LIO (mettre les rayons lumineux à foyer sur la rétine), il faut déterminer la quantité de convergence requise pour mettre la lumière à foyer sur la rétine à partir de la LIO. La distance entre la LIO et la rétine est simplement la différence entre la longueur axiale et la valeur d , la distance entre la cornée et la LIO. La vergence réduite associée à cette distance [soit $n/(L-d)$] est la vergence que la lumière doit avoir en quittant la LIO pour être à foyer sur la rétine. Le premier terme de l'équation de Binkhorst fournit cette information. La puissance de LIO désirée est simplement la différence entre la vergence de la lumière qui atteint la LIO et la vergence requise pour que la lumière, à partir de ce point, soit mise au point sur la rétine (la différence entre la vergence que l'on a et la vergence nécessaire).

3. L'approche par régression linéaire

Il s'agit d'une approche empirique basée sur des mesures pré et postopératoires d'un grand échantillon de patients chez qui des LIO ont été implantées. La stratégie de cette approche est de déterminer une relation numérique qui lie

les mesures préopératoires (typiquement la puissance cornéenne, la longueur axiale et la puissance de LIO) au statut réfractif postopératoire. On a pris pour acquis qu'il y a une relation linéaire entre la puissance de la LIO requise pour produire la réfraction postopératoire désirée (emmétropie) et les données préopératoires (voir figure 5.9). L'équation suivante est un exemple de la formule de régression utilisée dans cette approche.

$$F_{(LIO)} = A + (B)(L) + (C)(F_c) + (D)(CA)$$

Où,

$F_{(LIO)}$ = puissance de LIO désirée

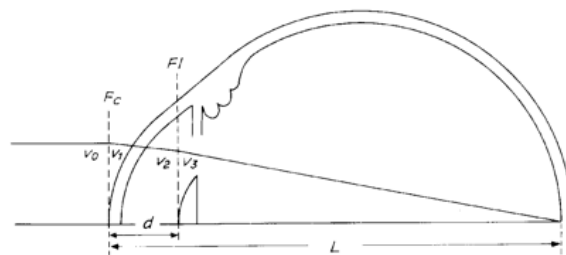
A, B, C, & D sont des constantes dérivées empiriquement

L = longueur axiale (mm)

F_c = puissance cornéenne

AC = profondeur de la chambre antérieure (mm)

Les valeurs A, B, C, et D n'ont pas de relation directe avec les mesures préopératoires. Ces constantes créent une pondération aux mesures préopératoires basée sur les expériences passées. Les valeurs exactes dépendront du type de LIO, de la position de la LIO, de la calibration de l'instrument utilisé pour la mesure de la longueur axiale, etc. Dans la situation idéale, il y aurait une ligne de régression différente (les valeurs de A, B, C et D) pour chaque praticien, chaque design de lentille et pour tout autre facteur pouvant influencer les mesures préopératoires et la position finale de la lentilles (par exemple, la technique du chirurgien).



LIO

$$F_{LIO} = A + B(L) + C(F_c)$$

Valeurs typiques : Les :

$$A = 120.6$$

$$B = -2.49$$

$$C = -0.97$$

$$D = -0.0078$$

Où

d = position de la LIO (mm)

L = longueur axiale (mm)

F_c = puissance cornéenne

la LIO

le (mm)

F_c = puissance cornéenne

Figure 5.9: L'approche par régression linéaire pour le calcul de la puissance d'une LIO

Malgré le fait que cette procédure ne soit pas basée sur des principes optiques, elle a l'avantage de permettre au praticien de modifier la puissance de LIO requise en se basant sur des expériences passées avec des yeux similaires (les valeurs des constantes peuvent être changées dans le temps pour affiner la puissance de LIO sélectionnée; la régression exacte utilisée peut être adaptée à chaque praticien). Par exemple, il est connu que le degré d'aplanissement de la cornée suivant généralement une chirurgie de cataracte varie d'un chirurgien à l'autre; ces facteurs individuels peuvent être reflétés dans les équations de régression.

Les comparaisons des résultats obtenus par les formules de régression et par les équations du type Binkhorst indiquent que l'exactitude des deux approches est environ la même. Avec une approche ou l'autre, l'erreur réfractive postopératoire est presque toujours à moins de 2,00 D de la valeur désirée (typiquement, environ 70% des cas sont précis à environ 1,0 D de l'état réfractif souhaité. Il y a toutefois des erreurs systématiques qui semblent inhérentes aux deux approches. En général, ces procédures résultent en des erreurs de réfraction de nature myope pour les

yeux de courte longueur axiale, mais de nature hypermétrope pour les yeux de grande longueur axiale. Il semble qu'avec les deux approches, la mesure préopératoire la plus cruciale soit la longueur axiale de l'œil.

Quelle est l'amétropie postopératoire désirée chez un patient qui subit une procédure d'implant de LIO? Selon les besoins visuels du patient, il est habituellement souhaitable de rendre l'œil légèrement myope. Puisqu'il ne persiste aucune accommodation dans ces yeux, il n'est jamais souhaitable d'avoir une amétropie finale hypermétrope. L'erreur réfractive postopératoire la plus avantageuse est un faible degré d'astigmatisme myope simple. Un astigmatisme myope simple est avantageux car il augmente l'étendue de positions d'objets produisant une image rétinienne claire pour un état non-corrigé.

BIBLIOGRAPHIE

- Apple DJ, Kincaid Inc, Mamlis N, Olson RJ. Intraocular lenses: evolution, design, complications, pathology. Williams and Wilkins. Baltimore 1989. (Artiste Krystyna Srodulski).