

RÉFRACTION : LA DISTANCE VERRE-ŒIL IMPORTE !


Si l'effet de la distance verre-œil sur la correction optique est bien connu, il est en revanche rarement pris en compte en pratique, sauf dans le cas des corrections de fortes puissances. Tant que les verres ophtalmiques n'étaient proposés que par pas de 0.25 dioptrie, cela prêtait peu à conséquence pour la majorité des corrections. Mais aujourd'hui, avec les réfracteurs déterminés par pas de 0.01 dioptrie^(*) et les verres qui leur sont associés, la connaissance de la distance verre-œil et sa mesure prennent une importance toute particulière. Cet article revient sur les effets optiques de la distance verre-œil, montre combien la distance œil-réfracteur peut être variable et présente comment la distance verre-œil peut désormais être prise en compte pour un calcul précis de la puissance des verres correcteurs.



 **Mathilde SEBAG**
Responsable d'Etudes
Service Recherche & Développement
Division Instruments
Essilor International

Ingénieur de la Santé, spécialisée en Sciences de la vision, Mathilde a été diplômée de l'université Paris Sud (FRANCE) après avoir commencé ses études à l'EOL, École d'Optique Lunetterie, Lille (FRANCE) et les avoir poursuivies par une licence à l'ICO, Institut et Centre d'Optométrie, Bures Sur Yvette (FRANCE). Après une expérience de 6 ans en magasin d'optique, Mathilde a intégré en 2019 le département Recherche et Développement au sein de la Division Instruments du groupe Essilor International. Dans ce cadre, Mathilde travaille en tant que responsable d'étude au sein du pôle Optométrie, Science et Innovation où elle participe au développement de nouveaux Instruments d'Optométrie.



 **Dominique Meslin**
Directeur Solutions de Réfraction
Division Instruments
Essilor International

Opticien et Optométriste de formation, Dominique a effectué la plus grande partie de sa carrière chez Essilor, tout d'abord au sein du département Recherches et Développement puis dans différents postes de Marketing et Communication techniques en France ainsi qu'aux États-Unis. Il a été pendant 10 ans le Directeur d'Essilor Academy Europe puis responsable des Relations Professionnelles pour Essilor Europe. Il est aujourd'hui en charge des nouvelles Solutions de Réfraction au sein de la Division Instruments d'Essilor International. Tout au long de sa carrière, Dominique Meslin a animé de nombreux séminaires pour les professionnels de la vision. Il est l'auteur de plusieurs publications scientifiques et de nombreuses publications techniques d'Essilor, dont la série des « Cahiers d'Optique Oculaire ».

^(*) Réfracteur Vision-R 800 développé par Essilor Instruments.

^(**) Pour les verres avec option AVA – Advanced Vision Accuracy – fabriqués avec pas de 0.01 D.

Les lois de l'optique physiologique l'imposent... la puissance de la correction optique d'une amétropie dépend de la distance à laquelle le système optique correcteur est placé devant l'œil ! En effet, le principe optique de la correction étant de faire coïncider le foyer image du verre avec le punctum remotum de l'œil, il est nécessaire d'ajuster la distance focale du système - c'est à dire de modifier sa puissance - dès que la distance qui sépare le système optique correcteur de l'œil est modifiée. Ainsi, toute valeur de correction optique par verres de lunettes est fonction de la distance verre-œil et chaque prescription devrait théoriquement être accompagnée de la distance réfracteur-œil pour laquelle elle a été établie. Mais en pratique, cette distance est rarement précisée.

L'importance de la distance verre-œil est bien connue des contactologues, lesquels ajustent vers le convexe la puissance correctrice des lentilles à partir de la correction lunettes, le plus souvent à l'aide d'abaques fournis par les fabricants. C'est également le cas, dans le cadre de la chirurgie réfractive où la réfraction est ajustée au plan de l'œil.

Pour ce qui est des verres de lunettes, l'effet optique dépend de la puissance de la correction et reste le plus souvent assez faible ; il n'est généralement pas pris en compte car il n'atteint pas la valeur de 0.25 dioptrie (D) correspondant au pas de puissance des verres traditionnels, excepté pour les fortes corrections. On estime ainsi qu'il faut une variation de 5 mm (+/- 2.5 mm) avec une puissance de 5.00 D, induisant une variation de 0.125 D, pour justifier un changement de correction d'un pas de 0.25 D (voir plus loin). Mais aujourd'hui, avec les nouveaux réfracteurs à variations continues de puissance permettant de déterminer la réfraction au centième de dioptrie (0.01 D)^(*), il est devenu nécessaire de considérer cet effet dès les faibles puissances. Ainsi, une même variation de 5 mm (+/- 2.5 mm) avec une puissance de 2.00 D, produit une variation de 0.02 D qui est suffisamment significative pour être considérée.

MOTS CLÉS:

Réfraction subjective, réfracteur, distance verre-œil, distance œil-réfracteur, distance œil-monture, verres précis, Advanced Vision Accuracy, Vision-R 800.

Dans cet article, nous ferons d'abord un rappel des effets optiques de la distance verre-œil, nous montrerons ensuite, sur la base de mesures réalisées sur des patients, combien la distance du réfracteur à l'œil peut varier et nous aborderons, enfin, la mise en œuvre pratique de ce nouveau paramètre pour la nouvelle génération de verres par pas de 0.01 D désormais disponibles.

Rappel des effets optiques de la distance verre-œil

Le principe optique de base de la correction de toute amétropie est de faire en sorte que le foyer image du système optique, verre ou lentille, placé devant l'œil soit en coïncidence avec le punctum remotum de l'œil à corriger. De cette manière, le système optique correcteur, qui forme à partir d'objets situés à l'infini, des images optiques situées dans le plan focal image du verre, les projette optiquement au remotum de l'œil qui, par conséquent, les voit nettes, en son état désaccommodé. C'est ainsi que l'œil amétrope retrouve la situation optique de l'emmetrope.

Ce principe de base a une conséquence simple : si la position du système optique correcteur est modifiée - autrement dit si la distance du verre à l'œil est modifiée - sa puissance doit être ajustée afin de conserver la position du foyer image F' en coïncidence avec le punctum

remotum R, lequel ne change pas de position puisqu'il est par nature « lié » à l'œil (voir figure 1). En conséquence si un verre est éloigné de l'œil sa puissance doit être modifiée vers le concave et s'il est rapproché sa puissance doit être modifiée vers le convexe.

Notons, à ce sujet, que l'effet optique de la variation de la distance verre-œil se produit « dans le même sens » quelle que soit la puissance, positive ou négative, de la correction : un éloignement des verres crée toujours un effet de puissance positive (qu'il faut compenser vers les puissances négatives) et un rapprochement des verres crée toujours un effet de puissance négative (qu'il faut compenser vers les puissances positives).

Ainsi, tout patient parfaitement corrigé qui éloigne ses verres devrait théoriquement percevoir sa vision au loin se flouter légèrement ; à l'inverse il ne devrait pas réellement percevoir d'effet s'il rapproche ses verres (car il en compense l'effet optique par son accommodation). De la même manière, tout patient qui éloigne ses verres pour lire plus confortablement, recherche un effet de puissance positive ou d'addition plus élevée. Souvenons-nous, à ce propos, du cas des patients aphaques non équipés d'implants intra-oculaires et corrigés par des verres de fortes puissance positives et qui parviennent à se créer une addition de vision de près significative par le simple éloignement de leurs verres. Mais ces effets ne sont réellement significatifs et perceptibles que pour les corrections de fortes puissances.

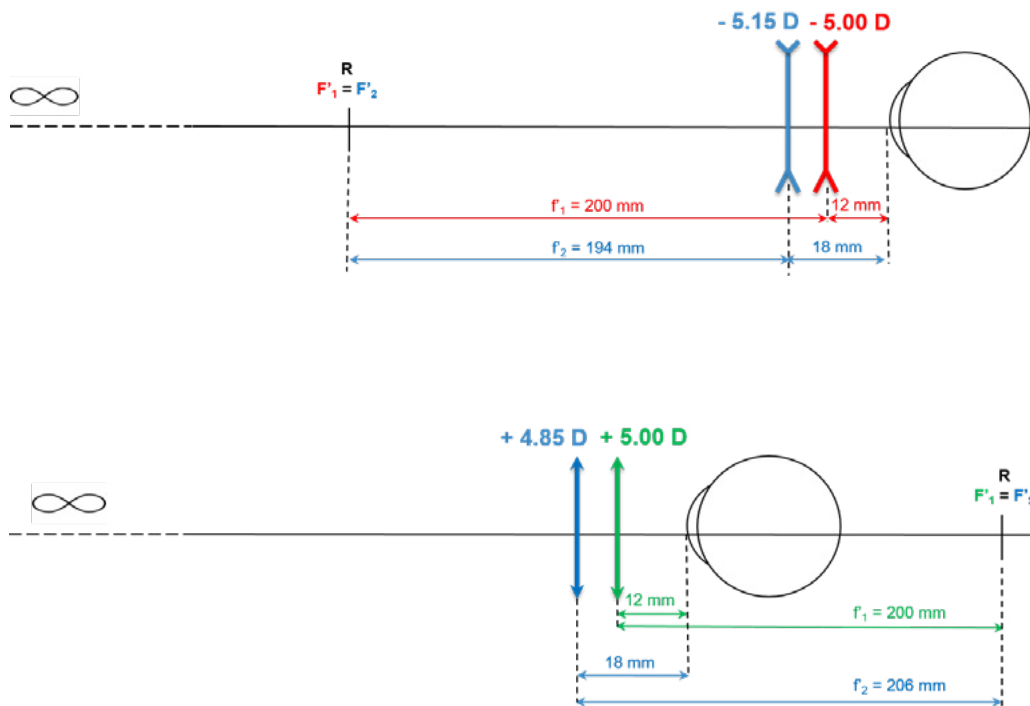


Figure 1 : Ajustement nécessaire de la réfraction avec la modification de la distance verre-œil :

- a) Cas d'un myope, corrigé par un verre de -5.00 D à 12 mm : la puissance du verre doit être ajustée à -5,15 D si le verre est éloigné de 6 mm
- b) Cas d'un hypermétrope, corrigé par un verre de +5.00 D à 12 mm : la puissance du verre doit être ajustée à +4,85 D si le verre est éloigné de 6 mm

Afin d'objectiver les effets optiques de la distance verre-œil, il est intéressant de pouvoir les quantifier. Cela peut être fait très simplement de la manière suivante : soit R , la réfraction de l'œil à corriger, autrement dit le défaut de puissance de l'œil ou encore la proximité du remotum de cet œil amétrope, la puissance Dl du verre correcteur de l'amétropie s'exprime en fonction de la distance verre-œil d , par la formule $Dl = R / (1 + d \times R)$, avec R en dioptries et d en mètres.

Si l'on réalise le calcul pour toutes les puissances de corrections et de variations de distance verre-œil, on peut représenter les effets sous la forme de courbes telles que celles présentées sur la figure 2. Celle-ci donne les variations de distance verre-œil nécessaires pour induire des variations respectives de puissance de 0,25 D, 0,125 D ou 0,05 D, en fonction de la puissance correctrice. On peut, par exemple, lire que pour une puissance de 5,00 D, une variation de distance verre-œil de 5 mm, soit +/- 2,5 mm, induit une variation de 0,125 D. On observe ainsi, les effets significatifs que peuvent avoir les variations de la distance verre-œil sur la correction optique.

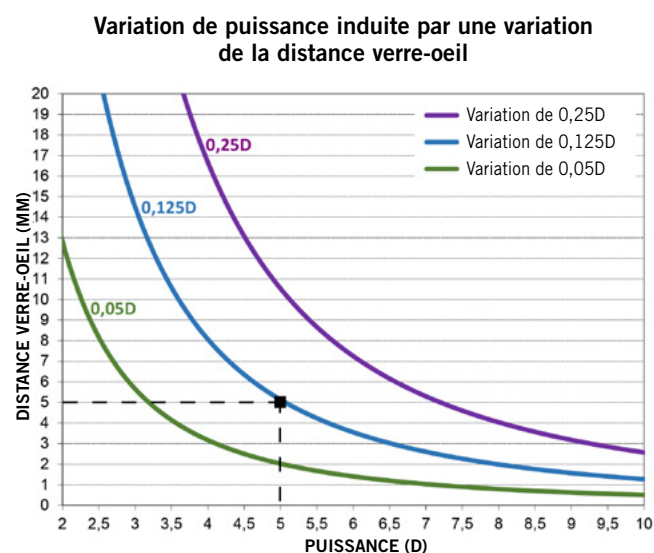


Figure 2 : Variations de puissance induites par une variation de distance verre-œil en fonction de la puissance du verre correcteur

Ces courbes permettent aussi de constater que les effets optiques restent assez limités pour la majorité des corrections. Ainsi, ne pas tenir compte de la distance verre-œil avec des verres optiques proposés par pas de 0,25 D, n'avait que de faibles conséquences, car l'effet restait inférieur au pas de puissance des verres de 0,25 D disponibles. On peut donc considérer que dans une gamme de corrections de -4,00 à +4,00 D par pas de 0,25 D, ne pas prendre en compte la distance verre-œil ne prêtait pas beaucoup à conséquence mais qu'au-delà de ces puissances, il était important de s'assurer que la correction était exacte pour la distance à laquelle les verres seraient portés.

En revanche, aujourd'hui, avec des verres qui peuvent être proposés par pas de 0,01 D, la prise en compte de

la distance verre-œil importe dès les faibles puissances, comme nous le verrons dans la suite de cet article.

La distance œil-réfracteur peut varier très significativement !

Afin d'illustrer notre propos, une série de mesures de la distance œil-réfracteur pour des patients mis en situation d'examen de réfraction, a été réalisée. Pour cela, un réfracteur permettant d'effectuer des mesures précises au moyen de caméras vidéo a été utilisé^(*) (figure 3).

L'expérience a consisté à mesurer la distance œil-réfracteur sur un échantillon de 50 patients sélectionnés au hasard. En pratique, la position de celui-ci a été réglée, pour une patiente de référence, à une distance de 12 mm par ajustement de l'appui front et la position du réfracteur a été conservée inchangée pour toutes les mesures réalisées avec les autres patients.

Chaque mesure a été réalisée comme suit : le patient est installé derrière la tête de réfracteur, le regard en position primaire et observe un écran de tests situé à 5 m ; la distance inter-pupillaire du réfracteur est ajustée pour chaque œil ; grâce aux caméras vidéo situées à l'arrière de chaque demi-tête du réfracteur, des photos des deux yeux du patient, sont prises latéralement et apparaissent sur la console de commandes du réfracteur (figure 3). Un réticule virtuel peut alors être ajusté et positionné en correspondance avec le sommet cornéen de chaque œil. L'ajustement est dans un premier temps réalisé binoculairement, puis si une différence apparaît entre l'œil droit et l'œil gauche, il est ajusté monoculairement. Le système indique alors précisément, la valeur de la distance œil-réfracteur, par pas de 0,5 mm, et celle-ci peut être enregistrée. Pour chaque patient, la mesure a été effectuée 3 fois en demandant au patient de se reculer du réfracteur puis de se repositionner derrière. De plus, 30 mesures consécutives ont été réalisées sur un patient de référence, en lui demandant de se reculer puis de se re-positionner entre chaque mesure.

Les résultats de ces mesures sont rassemblés dans la figure 4. Ils montrent, d'une part, que la distance œil-réfracteur varie, en fonction des patients, sur une plage de 15,5 mm - de 4,0 mm pour la plus petite à 19,5 mm pour la plus grande - et que la valeur moyenne s'établit, pour l'expérience, à 11,1 mm avec un écart-type de +/- 3,11 mm, ce qui est considérable. Ils montrent, d'autre part, que pour les mesures répétées sur un même sujet, la distance œil-réfracteur varie sur une plage de 5,0 mm avec un écart-type de +/- 1,31 mm, ce qui est aussi très significatif. Il apparaît donc très clairement que la distance de l'œil au réfracteur est un paramètre éminemment variable en fonction de la morphologie de la tête des patients mais, également, en fonction de la posture adoptée par le patient derrière le réfracteur. Ces mesures démontrent donc que le paramètre de distance œil-réfracteur, souvent ignoré, ne peut être négligé pour l'établissement d'une correction optique précise.



Figure 3 : Mesure de la distance œil-réfracteur par caméras vidéo

Prise en compte pratique de la distance verre-œil

Ajustement de la distance œil-réfracteur

Si l'importance de la distance verre-œil est bien connue, sa prise en compte est assez variable. En pratique, il est assez rare que la distance œil-réfracteur soit considérée lors de la réfraction et encore moins qu'elle soit mesurée. Elle est le plus souvent vérifiée et ajustée lors du positionnement du réfracteur devant la tête du patient, afin de correspondre à une valeur moyenne. Le principe est de positionner le réfracteur suffisamment près des yeux du patient, afin qu'il bénéficie d'un champ de vision le plus grand possible, mais aussi suffisamment loin de ses yeux afin que ses cils ne viennent pas frotter contre la fenêtre arrière du réfracteur (ce qui non seulement est une source de désagrément mais aussi une source de salissure). Avec les réfracteurs traditionnels, cet ajustement est réalisé par réglage de l'appui-front sur lequel la tête du patient est en contact, en observant les yeux du patient, soit par l'arrière du réfracteur, soit à travers le réfracteur au moyen des systèmes miroirs latéraux gradués qui sont disposés à cet effet.

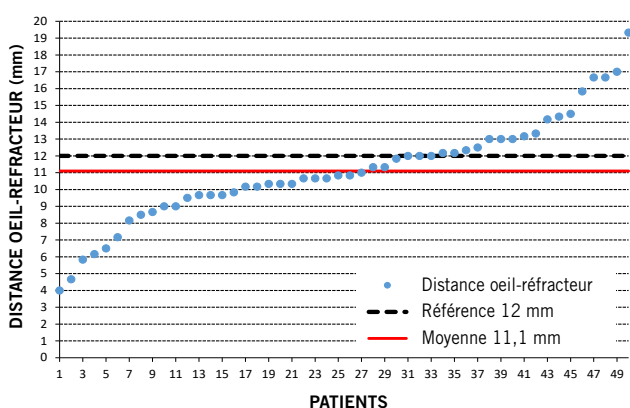
Plusieurs aspects nous semblent à considérer :

- La distance œil-réfracteur peut varier considérablement d'un patient à l'autre pour une même position de l'appui-front (comme nous l'avons montré) et il est donc essentiel d'ajuster avec précision la position de la tête du réfracteur devant les yeux du patient.
- La distance œil-réfracteur peut varier significativement en fonction de la posture de la tête du patient : elle se réduit si le patient relève la tête et augmente s'il la baisse ; il est donc important que le patient soit installé dans une position confortable afin qu'il n'ait pas tendance à modifier la position de sa tête en cours de réfraction.
- La distance œil-réfracteur peut varier significativement au cours de la réfraction ; il est alors important de la vérifier en fin d'examen, en particulier pour les corrections de fortes puissances et pour la prescription de verres précis, par pas de 0.01 D.

La distance œil-réfracteur est un paramètre auquel il est rarement porté attention. Avec les réfracteurs classiques, elle peut être vérifiée mais peut difficilement être mesurée. Avec les réfracteurs modernes^(*), il est désormais possible d'en réaliser précisément la mesure au moyen de caméras

Variation inter-individuelle de la distance œil-réfracteur mesurée sur 50 patients

(avec appui-front réglé à une distance de 12 mm pour un patient de référence)



Variation intra-individuelle de la distance œil-réfracteur 30 mesures sur un patient

(avec appui-front réglé à une distance de 12 mm pour un patient de référence)

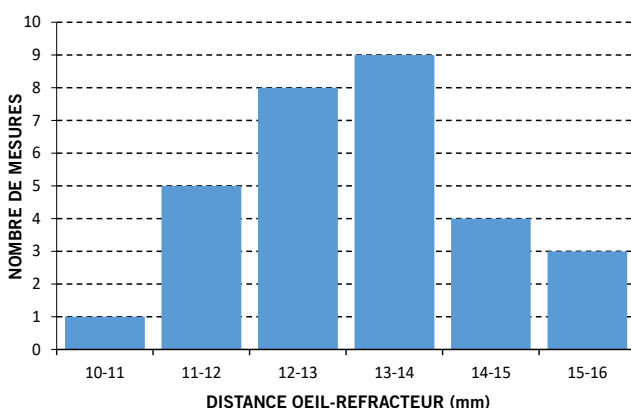


Figure 4 : Variabilité de la distance œil-réfracteur :
a) Variation inter-individuelle mesurée sur 50 patients
b) Variation intra-individuelle mesurée sur un patient (30 mesures)

vidéos et de contrôler ce paramètre avec précision, en particulier pour sa prise en compte dans le calcul des verres.

Mesure de la distance œil-monture

S'il est important de pouvoir connaître la distance œil-réfracteur avec précision, cela ne fait réellement sens que si l'on peut aussi mesurer la distance œil-monture. Pour cela, les opticiens disposent de différents systèmes permettant d'y procéder. Au-delà d'anciens mesureurs manuels peu utilisés, les colonnes et tablettes électroniques de prises de mesures aujourd'hui disponibles permettent de mesurer la distance œil-monture. L'objet n'est pas ici de les passer en revue. Précisons simplement que ces systèmes fonctionnent le plus souvent sur des prises de vue multiples de la monture et des yeux du patient, qui permettent de reconstituer leurs positionnements relatifs dans les trois dimensions de l'espace et de calculer précisément la distance qui sépare le plan de la monture du sommet de la cornée de chaque œil. Ainsi, la distance œil-monture peut être mesurée et ensuite être utilisée pour le calcul exact de la correction optique.

Prise en compte de la distance verre-œil dans le calcul des verres par pas de 0.01 D.

La distance verre-œil est un paramètre qui n'a jamais été vraiment pris en compte jusqu'à ce jour pour l'ajustement des puissances des corrections optiques. En effet, il a toujours été fait implicitement l'hypothèse que la puissance de la correction optique était établie pour la distance à laquelle les verres seraient portés, ce qui, en pratique, est rarement le cas.

Cette hypothèse a aussi été faite avec les verres « personnalisés » pour lesquels des données de positionnement de l'œil derrière le verre sont mesurées et intégrées au calcul. Dans ce cas, c'est plus précisément la distance séparant le centre de rotation de l'œil de la monture (CRO) qui est utilisée pour optimiser la conception des surfaces optiques des verres à géométrie complexe, en simulant l'œil explorant le verre en cette position. En revanche, il a toujours été fait invariablement l'hypothèse que la prescription optique était établie exactement pour la distance à laquelle les verres seraient portés, et ce pour la direction primaire du regard.

Aujourd'hui, grâce aux nouvelles technologies permettant de mesurer facilement et précisément la distance œil-réfracteur et la distance œil-monture, il est désormais possible d'intégrer la distance verre-œil de référence de 12 mm réelle dans le calcul même des verres. Cela nécessite, sa prise en compte tout au long du parcours du patient et se réalise comme suit :

- Tout d'abord, la distance œil-réfracteur est mesurée lors de l'examen de la réfraction : la valeur de la prescription est convertie, en fin d'examen, pour la distance de référence standard de 12 mm, le calcul étant effectué automatiquement par le réfracteur^(*).
- Ensuite, après le choix de monture et avant la réalisation des lunettes, l'opticien mesure la distance œil-monture et l'indique au fabricant lors de la commande des verres^(**).

- Enfin, le fabricant convertit la valeur de la correction optique, considérée comme établie pour 12 mm, pour la distance œil-monture réelle mesurée par l'opticien, et ce juste avant la mise en fabrication du verre.

Ainsi, la distance verre-œil est prise en compte pendant tout le parcours du patient/client et la précision est respectée tout au long de la chaîne, depuis la réfraction jusqu'à la livraison des lunettes, en passant par la prise des mesures de centrage des verres. C'est à cette condition qu'il est possible d'apporter au patient la correction exacte de son amétropie.

Conclusion :

Grâce à l'évolution des instruments de réfraction et de prise de mesures, la distance verre-œil est un paramètre qui peut aujourd'hui être pris en compte avec précision. Elle devient un élément complémentaire de la prescription qui peut être pris en compte dans la réalisation des verres de haute précision^(**). L'opportunité s'offre aujourd'hui à l'ensemble de la chaîne des professionnels de la vision d'apporter aux patients une correction encore plus précise.



INFORMATIONS CLÉS :

- L'effet de la distance verre-œil sur la correction optique est bien connu mais rarement pris en compte, excepté dans le cas de fortes corrections. Cela avait peu de conséquences, pour la majorité des corrections, tant que les verres étaient proposés par pas de 0.25 dioptrie.
- Aujourd'hui, avec les réfracteurs réalisables par pas de 0.01 dioptrie – grâce aux réfracteurs subjectifs à variations continues de puissances - et avec la disponibilité des verres correspondants, la prise en compte de la distance verre-œil importe dès les faibles puissances.
- Pour cela, il est nécessaire de mesurer la distance œil-réfracteur lors de la réfraction et la distance œil-monture lors de l'adaptation des lunettes. La correction optique peut alors être précisément ajustée pour la fabrication des verres avec des puissances de corrections exactes.
- La distance verre-œil devient ainsi un paramètre complémentaire de la réfraction qui permet de proposer aux patients une correction encore plus précise de leur amétropie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- (1) Longo A., Meslin D., Une nouvelle approche de la réfraction subjective, Cahiers d'Ophtalmologie, numéro 230, pp 59-63, (Sept 2019) et Points de Vue, www.pointsdevue.com (Mai 2020).
- (2) Barthélemy B., Thiébaud T. In Contactologie. 2e éd. Optique et Vision. pp 293-305, Lavoisier (2012).
- (3) Gatinel D., Distance verre-œil, at www.gatinel.com/recherche-formation/optique-paraxiale-et-points-cardinaux/formule-de-vergence/, (mise à jour 2019).
- (4) Opticians, The influence of back vertex distance in ocular refraction, at www.opticianonline.net/news/the-influence-of-back-vertex-distance-in-ocular-refraction, (2005).