



Une nouvelle approche de la réfraction subjective

Adèle Longo, Dominique Meslin

Avec l'avènement des réfracteurs à variations continues de puissances, de nouvelles techniques de mesure de la réfraction subjective peuvent désormais être proposées. L'une d'entre elles consiste en la recherche de la réfraction d'un patient au moyen d'algorithmes semi-automatisés utilisant des changements simultanés de la sphère, du cylindre et de l'axe, et des pas de variations des puissances de dimensions variables*. Cet article en présente les principes généraux et montre comment la détermination de la réfraction peut être rendue plus précise mais aussi plus facile à réaliser par le praticien.

* Cette nouvelle approche de la réfraction est proposée dans le réfracteur Vision-R 800 d'Essilor et intégrée au concept AVA™ – Advanced Vision Accuracy – qui lui est associé.

Depuis plus de 150 ans, la réfraction est déterminée à l'aide de verres d'essais dont les puissances s'échelonnent par pas de 0,25 D. Les techniques de réfraction subjective utilisées aujourd'hui datent du début du xx^e siècle. Ainsi la « méthode du brouillard » dérive-t-elle des travaux publiés en 1925 par le physicien anglais William Swaine sur la relation entre la défocalisation et l'acuité visuelle (AV) [1]. La méthode de la recherche du cylindre par la technique des cylindres croisés à retournement a été proposée dès 1907 par l'ophtalmologiste américain Edward Jackson. Ces techniques de réfraction sont toujours largement en vigueur aujourd'hui et n'ont que peu évolué depuis. Seule la manière de présenter les verres a été modifiée et rendue plus pratique pour le praticien : à la traditionnelle lunette d'essais connue depuis le xviii^e siècle a succédé le réfracteur manuel apparu vers 1930, puis le réfracteur à commandes automatisées peu avant les années 2000. Dans toutes ces méthodes, des verres sont toujours présentés par pas de 0,25 D. Aujourd'hui, la réfraction consiste très – et trop – souvent en une simple vérification subjective de la formule de réfraction objective donnée par l'autoréfractomètre au moyen de verres variant par pas de 0,25 D.

De par leur conception, les réfracteurs classiques imposent une limite : s'ils permettent d'agir séparément sur la puissance de la sphère et du cylindre et sur l'orientation de l'axe du cylindre, ils n'autorisent pas une action simultanée et instantanée sur ces 3 composantes. En conséquence, la méthode d'examen ne peut que consister

à déterminer séparément les 3 composantes de la réfraction – sphère, axe et cylindre –, alors que celles-ci sont étroitement liées entre elles. Aussi, les réfracteurs classiques, qui utilisent des séries de verres, imposent intrinsèquement une limite à la précision de la réfraction.

Aujourd'hui, l'évolution de la technologie de l'optique instrumentale et de l'optoélectronique permettent de réaliser des systèmes optiques produisant des variations continues de puissances. Un module optique composé d'une lentille sphérique déformable et de 2 lentilles cylindriques tournantes, pilotées par des micromoteurs, a ainsi pu être mis au point (figure 1). Il permet de générer toutes les puissances sphériques (de -20,00 à +20,00 D, par pas de 0,01 D), toutes les puissances cylindriques

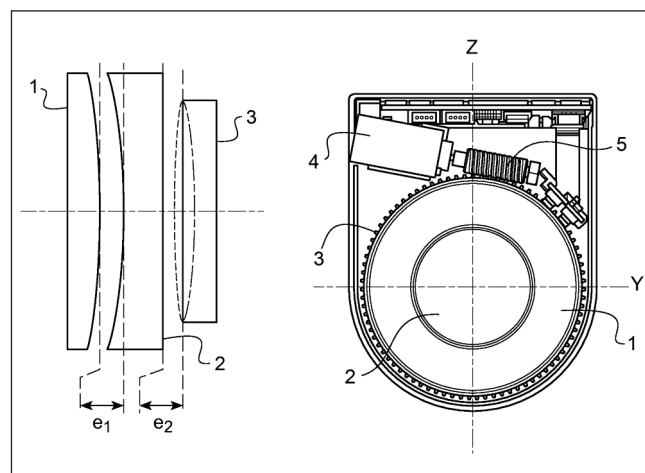


Figure 1. Module optique à variations continues de puissances.

Essilor International, Créteil

(jusqu'à 8,00 D, par pas de 0,01 D), ainsi que toutes les orientations possibles de l'axe du cylindre (de 0 à 180°, par pas de 0,1°). Par ailleurs, la sphère, le cylindre et son axe peuvent être modifiés simultanément, ce qui permet d'avoir accès à toute formule de réfraction de manière instantanée et continue. Grâce à cette propriété, la technique de la réfraction peut être améliorée et rendue plus efficace et plus précise.

Réfraction classique : un chemin indirect

La technique classique de la réfraction comporte 4 étapes successives :

- ① la détermination de la puissance de la sphère ;
- ② la détermination de l'axe du cylindre ;
- ③ la détermination de la puissance du cylindre ;
- ④ l'ajustement de la sphère.

Cette méthode, universellement enseignée et pratiquée, a fait l'objet de nombreuses publications [2].

Toute réfraction s'exprime classiquement par ses 3 composantes (ou « coordonnées polaires ») : puissance de la sphère, puissance du cylindre et axe du cylindre. Les 2 premières s'expriment en dioptries et la troisième en degrés. Pour plus de cohérence, il est possible d'exprimer toute correction optique par 3 composantes dioptriques : la puissance sphérique équivalente (puissance de la sphère augmentée de la moitié de celle du cylindre), la composante horizontale du cylindre selon l'axe à 0° (J0°) et la composante oblique du cylindre selon l'axe à 45° (J45°). Ces 3 composantes (ou « coordonnées cartésiennes ») de la réfraction sont exprimées en dioptries (D) et la connaissance des 2 composantes J0° et J45° permet de connaître la puissance et l'axe du cylindre.

Il est alors possible de représenter toute valeur de réfraction en portant ces 3 coordonnées dans un repère tridimensionnel orthonormé et normalisé – dénommé « espace dioptrique » [3] – et ainsi de suivre l'évolution de la réfraction au cours de l'examen.

Il apparaît alors clairement que la détermination de la réfraction par la technique classique emprunte un chemin assez indirect (figure 2). Celui-ci consiste en effet en la recherche des différentes composantes de la réfraction dans différentes directions et comporte plusieurs régressions : à partir d'une première valeur de départ (réfraction objective mesurée à l'auto-réfractomètre ou donnée de la prescription précédente), une puissance convexe arbitraire est introduite (+1,50 D dans l'exemple) afin de brouiller significativement la vision du patient ; cette puissance est alors progressivement réduite, par pas de

0,25 D, jusqu'à d'obtenir la puissance de la « sphère au palier » ① ; l'axe du cylindre est ensuite recherché par ajustements successifs (en utilisant, par exemple, la technique des cylindres croisés de Jackson) jusqu'à ce que le patient indique de revenir en arrière ② ; enfin, la puissance du cylindre est déterminée par des modifications successives de sa valeur jusqu'à ce que le patient la trouve excessive ③ ; et pour terminer, la sphère est ajustée (de +0,25 D après chaque changement de cylindre de -0,50 D) afin de maintenir la puissance sphérique équivalente constante ④. Ainsi, l'examen traditionnel de la réfraction s'apparente à une recherche discontinue dans différentes directions.

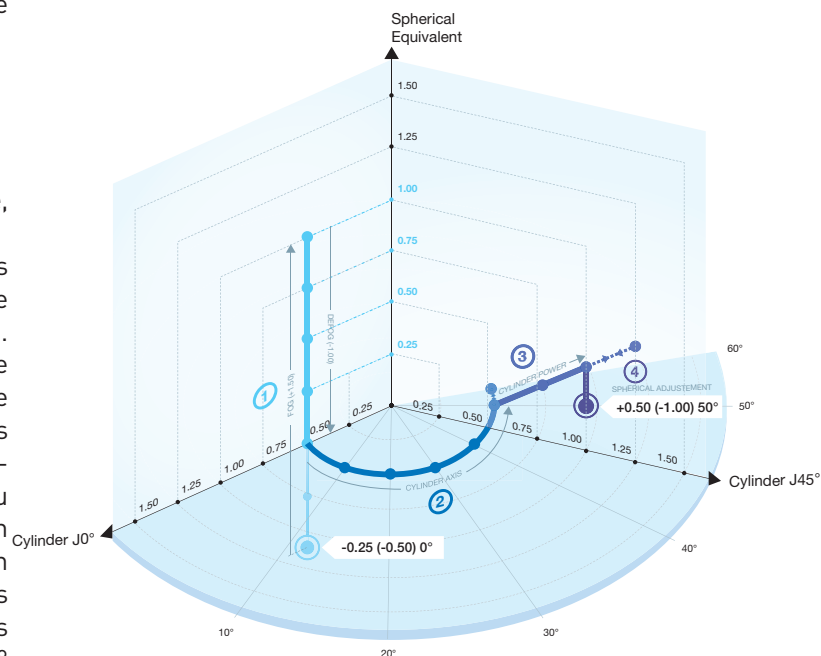


Figure 2. La réfraction classique : un chemin indirect.

Digital Infinite Refraction™ : une voie plus directe et plus précise

Grâce aux propriétés du module optique à variations continues de puissances qui permet une action simultanée sur la sphère, l'axe et le cylindre, il est possible d'emprunter une voie plus directe pour déterminer la réfraction du patient. Une série de tests utilisant des algorithmes semi-automatisés, dans lesquels sont enregistrées les réponses successives du patient, donne en effet un résultat rapide et plus précis. L'examen de la Digital Infinite Refraction™ consiste selon la séquence suivante :

Recherche du seuil de sphère équivalente

Dans un premier temps, une « méthode du brouillard » d'un type nouveau est utilisée afin de favoriser le relâchement de l'accommodation du patient : 2 algorithmes semi-automatisés permettent, l'un, de définir le niveau de brouillage de la vision du patient, et l'autre, de procéder à un débrouillage rapide en 3 étapes. Contrairement à la technique classique qui consiste à introduire brutalement une puissance convexe devant l'œil du patient et à mesurer ses effets sur l'AV, le principe de l'algorithme de brouillage est de définir le niveau de puissance convexe nécessaire pour brouiller la vision du patient à un niveau d'AV donné et préalablement sélectionné. Pour cela des optotypes particuliers, de type « *vanish* » (lettres noires bordées de blanc présentées sur un fond gris) sont utilisés ; ils ont la propriété de disparaître en se confondant avec le fond de l'image lorsque le niveau de flou recherché est atteint.

Le débrouillage s'effectue ensuite à l'aide d'un algorithme qui calcule, pour plusieurs niveaux d'acuité choisis, les pas de débrouillage nécessaires en fonction des réponses du patient et de la relation connue entre l'AV et le niveau de flou dioptrique. Cette technique exploite les propriétés de continuité du module optique, avec des pas de débrouillage de dimensions différentes et calculés avec une précision de 0,01 D. Elle permet de déterminer rapidement et précisément la valeur de la « sphère au palier », c'est-à-dire la puissance convexe maximale donnant tout juste au patient l'acuité de 10/10.

Ensuite, la valeur de la sphère peut être affinée sur un test duochrome ou un test des cylindres croisés fixes, en utilisant un algorithme spécifique qui recherche la valeur exacte du seuil de sphère au moyen d'une méthode psychométrique et donne au patient son AV maximale.

Détermination simultanée de l'axe et de la puissance du cylindre à puissance sphérique équivalente constante

Si, dans la technique classique de la réfraction, la recherche de l'axe du cylindre, de sa puissance et l'ajustement de la sphère s'effectuent en 3 temps successifs, la *Digital Infinite Refraction™* utilise un algorithme qui permet de réaliser la recherche de ces 3 composantes en une séquence unique. Elle emploie une technique de réfraction vectorielle dans laquelle la puissance et l'axe du cylindre varient simultanément, cependant que la valeur de la puissance sphérique équivalente est maintenue exactement constante (à 0,01 D près). Pour le praticien, la méthode s'apparente à une recherche du cylindre par la méthode des cylindres croisés de Jackson mais dans laquelle les 3 valeurs de la sphère, de l'axe et du cylindre évoluent simultanément au fur et à mesure de l'enregistrement des réponses du patient et qui s'arrête automatiquement quand l'astigmatisme a été évalué avec la précision et la fiabilité recherchées. À noter qu'il n'y a pas de cylindres croisés physiquement présents dans le réfracteur mais que des effets optiques de cylindres croisés sont produits dans le module optique, par calcul en combinaison avec la correction déjà en place. Cette technique permet de déterminer la valeur du cylindre d'une manière à la fois plus directe et plus précise, mais aussi plus indépendante de la technique du praticien (figure 3).

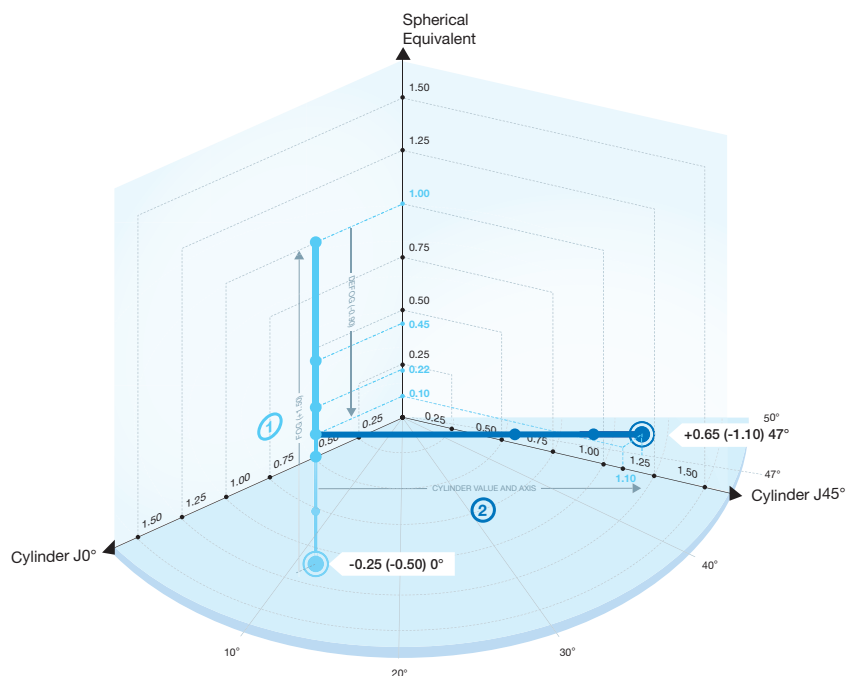


Figure 3. *Digital Infinite Refraction™* : une voie plus directe et plus précise vers la réfraction finale.

Détermination de l'équilibre bi-oculaire exact

Une fois que les réfractions de chaque œil ont été déterminées, il est nécessaire de procéder à l'équilibre des corrections entre l'œil droit et l'œil gauche. La technique classique consiste à brouiller légèrement les 2 yeux (par exemple, avec 2 verres de +0,50 D), puis à équilibrer la vision du patient dans le flou (par l'adjonction d'une puissance convexe supplémentaire sur l'œil qui voit le mieux) avant de retirer les verres de brouillage introduits. Parfois, l'équilibre bi-oculaire parfait ne peut être obtenu et un choix doit être fait entre l'œil droit ou l'œil gauche, en privilégiant l'œil dominant.

La *Digital Infinite Refraction™* utilise un principe similaire, à ceci près que l'équilibre bi-oculaire est réalisé à l'aide d'un algorithme semi-automatisé et déterminé de manière exacte (à 0,01 D près) par calcul après l'intégration de l'ensemble des réponses du patient. Pour le praticien, il s'agit de saisir les réponses et d'observer les inversions de préférence du patient pour l'image vue par l'œil droit et par l'œil gauche jusqu'à ce que l'algorithme s'arrête.

Détermination de l'addition de vision de près

Pour la détermination de l'addition, la *Digital Infinite Refraction™* propose 2 algorithmes : l'un permettant d'approcher la valeur de l'addition (dans le cas d'une absence d'addition de départ), l'autre d'affiner l'addition par la méthode des cylindres croisés fixes. Ces algorithmes permettent une prescription de l'addition de vision de près à la fois précise et sans excès.

Une méthode psychométrique de mesure de la réfraction

Pour chaque test utilisé dans la *Digital Infinite Refraction™*, le principe n'est pas de mesurer exactement la valeur recherchée – comme l'égalité rouge-vert au test duochrome ou l'égalité de flou entre 2 positions du cylindre croisé – mais d'encadrer la valeur recherchée et de générer

des inversions de réponses du patient. Une méthode psychométrique de détermination des seuils de réfraction est utilisée et toute valeur recherchée est calculée de manière statistique sur la base de l'ensemble des réponses du patient [4]. Au cours de la réfraction, la sensibilité du patient aux changements dioptriques est évaluée et le pas de variation est adapté en conséquence : il est réduit si le patient est sensible et augmenté dans le cas contraire. Ainsi, le patient a plus de facilité à distinguer les différences et la détermination de sa réfraction est plus précise.

Conclusion : réfraction n'est pas prescription !

L'évolution de la technologie des réfracteurs permet aujourd'hui de proposer des algorithmes de recherche de la réfraction qui rendent plus automatique et plus objective la mesure de la réfraction subjective d'un patient. Si ces techniques peuvent assurément aider le praticien dans sa pratique quotidienne, elles ne sauraient le remplacer dans son rôle de prescripteur de la correction.

En pratique, la réfraction pourra, dans un premier temps, être déterminée au moyen des algorithmes disponibles dans le réfracteur, rendant son résultat indépendant de la technique et de l'expérience de l'opérateur. Puis, dans un second temps, la prescription sera établie sur cette base : soit la réfraction trouvée sera conservée en l'état, soit elle sera modulée en fonction de la correction précédente du patient, de ses besoins visuels, de l'usage qu'il fera de sa correction ou du type de verres ou lentilles envisagé.

Ainsi, l'évolution de la technologie des instruments de réfraction permet aujourd'hui de faciliter la pratique de la réfraction subjective et devrait contribuer à en améliorer la précision. Elle pourra favoriser le travail « en collaboration » et donc participer à une prise en charge plus efficace de la correction optique des patients.

Références bibliographiques

- [1] Swaine W. The relation of visual acuity and accommodation to ametropia. *Trans. Opt. Soc.* 1925;27(1).
- [2] Meslin D. Cahier d'Optique Oculaire «Réfraction Pratique». Essilor Academy Europe, www.essiloracademy.eu (2008).
- [3] Touzeau O, Costantini E, Gaujoux T *et al.* Réfraction moyenne et

- variation de réfraction calculées dans un espace dioptrique. *J Fr Ophtalmol.* 2010;33(9):659-69.
- [4] Marin G, Perrin JL, Boutinon S, Hernandez M. A new subjective refraction methodology. *Vision and Physiological Optics conference, Athens* (2018).