



Quantification de la composante sphérique de la réfraction

Olivier Touzeau

La réfraction peut être décomposée optiquement en une composante sphérique (puissance constante) et une composante astigmatique (puissance variable selon le méridien). En positionnant les deux droites focales à équidistance de la rétine, l'équivalent sphérique peut quantifier la composante sphérique de la réfraction. Bien qu'optiquement pures, ces deux composantes (sphérique et astigmatique) ne sont pas indépendantes car le cylindre entre dans la définition de l'équivalent sphérique.

Une composante sphérique statistiquement indépendante de l'astigmatisme peut être obtenue en prenant pour les yeux myopes la sphère de l'expression en cylindre négatif et pour les yeux hypermétropes la sphère de l'expression en cylindre positif.

La composante sphérique quantifie l'état d'équilibre entre la puissance de l'œil et sa longueur

La focalisation d'une image sur la rétine dépend principalement de l'adéquation entre la puissance optique de l'œil et la longueur axiale de ce dernier. La situation idéale de l'emmétropie correspond à la focalisation de l'image d'un objet lointain sur la rétine, en l'absence d'accommodation. Une amétropie sphérique correspond à un déséquilibre entre la puissance et la longueur axiale de l'œil. Contrairement à la longueur axiale, la puissance optique totale de l'œil est impossible à déterminer en raison de la complexité des facteurs entrant en jeu (existence de cinq dioptries, géométrie du cristallin difficile à mesurer et variable, indices de réfraction intraoculaires non mesurables...).

Pour un œil porteur d'une amétropie sphérique, la composante sphérique de la réfraction est quantifiée par la puissance du verre qui permet d'obtenir l'emmétropie. La puissance du verre quantifie le degré de défocalisation de l'image par rapport à la rétine et donc l'importance du déséquilibre entre la puissance de l'œil et la longueur axiale (figure 1). Le signe algébrique indique l'endroit de focalisation des rayons par rapport à la rétine. Ainsi, une focalisation devant la rétine (myopie) nécessite l'utilisation

d'un verre divergent de puissance négative. Au contraire, un verre convergent de puissance positive sera utilisé en cas de focalisation derrière la rétine (hypermétropie).

Une relation linéaire lie la puissance optique et la longueur axiale de l'œil. Cette relation est utilisée pour déterminer le calcul de la puissance des implants cristalliniens :
 $1 \text{ mm} \leftrightarrow 2,5 \text{ D}$
 $1 \text{ D} \leftrightarrow 0,4 \text{ mm}$

Ainsi, une augmentation de 1 mm de longueur au cours de la progression d'une myopie axiale se traduit optiquement par une variation de puissance du verre correcteur de -2,5 D. Dépendant d'un équilibre, la composante sphérique est une mesure relative qui ne donne pas d'indication sur la puissance des dioptries oculaires ou la longueur axiale. Ainsi, un même verre divergent corrigera la myopie générée par des situations pathologiques différentes.

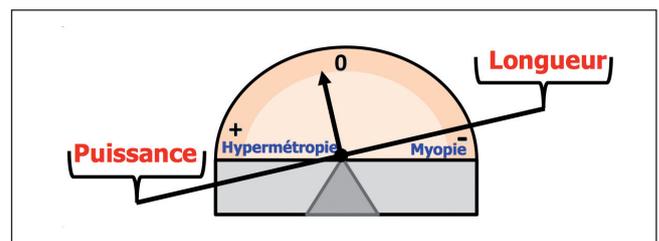


Figure 1. La composante sphérique de la réfraction quantifie l'état d'équilibre entre la puissance optique de l'œil et sa longueur axiale. L'hypermétropie correspond à une longueur trop faible par rapport à la puissance alors que la myopie est liée à une longueur trop importante par rapport à la puissance.

Optique

La myopie, qui est en général liée à une longueur excessive par rapport à la puissance (myopie axiale), peut également être plus rarement la conséquence d'une puissance trop importante pour la longueur : cornée trop bombée (kératocône par exemple), myopie d'indice d'une cataracte nucléaire.

Les sphères des expressions conventionnelles sont suffisantes au niveau individuel

Les expressions polaires conventionnelles (« sphère, cylindre x axe ») décrivent parfaitement la situation réfractive au niveau individuel mais ne sont pas bien adaptées pour les analyses statistiques. En effet, selon la convention de signe (négatif ou positif) utilisée pour exprimer le cylindre, une même réfraction a deux écritures. La sphère peut prendre les valeurs « sphère » ou « sphère + cylindre » et l'axe de l'astigmatisme les valeurs « axe » ou « axe $\pm 90^\circ$ ». Dans le cas d'un astigmatisme, la puissance de la sphère quantifie en dioptrie la « distance » d'une des deux droites focales du conoïde de Sturm par rapport à la rétine, tandis que le cylindre représente la « distance » entre les deux droites focales (figure 2).

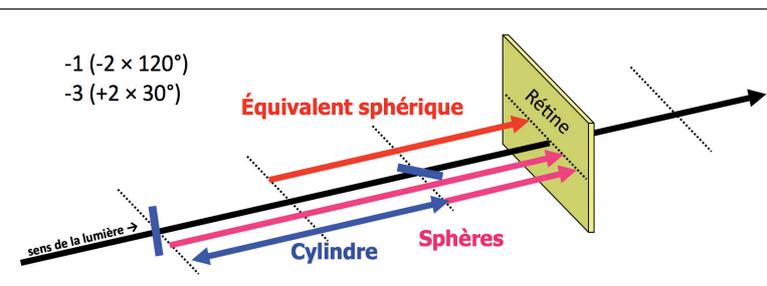


Figure 2. Visualisation des sphères et de l'équivalent sphérique par rapport à la rétine et aux deux droites focales.

L'équivalent sphérique quantifie la composante sphérique de la réfraction

La variation de la puissance réfractive du sphéro-cylindre selon le méridien correspond à une sinusoïde ayant un cycle de 180° , une phase égale à l'axe et une amplitude égale à la moitié du cylindre des expressions conventionnelles (en cylindre négatif ou positif).

Optiquement, la réfraction peut être décomposée en deux composantes pures : une composante sphérique constante égale à l'équivalent sphérique et une composante variable correspondant à un astigmatisme mixte (cylindre croisé de Jackson) (figure 3) :

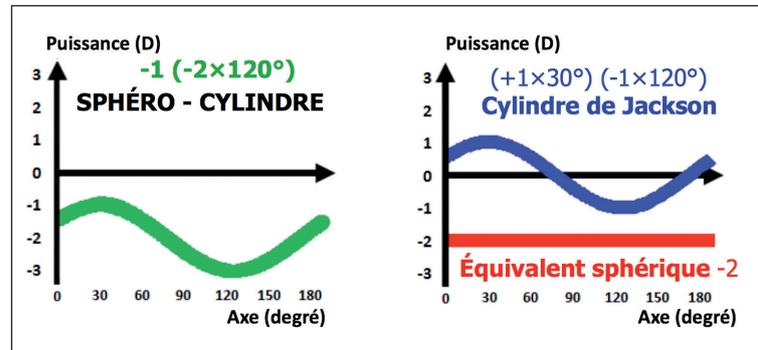


Figure 3. Décomposition de la réfraction en deux composantes optiquement pures : sphérique et astigmatique.

$$\text{Réfraction} = \text{équivalent sphérique} + \text{cylindre croisé de Jackson}$$

L'équivalent sphérique est égal à la somme de la sphère et de la moitié du cylindre :

$$\text{Equivalent sphérique} = \text{sphère} + \frac{\text{cylindre}}{2}$$

Un cylindre croisé de Jackson est par définition composé de deux cylindres de puissance opposée placés orthogonalement. La puissance sphérique d'un cylindre de Jackson est nulle. Les axes du cylindre de Jackson correspondent aux deux axes des expressions en « cylindre positif » et « cylindre négatif » tandis que la valeur du cylindre doit être égale à la moitié du cylindre de ces expressions :

$$\text{Cylindre croisé de Jackson} = (+\text{cylindre}/2) \times \text{axe} \text{ et } (-\text{cylindre}/2) \times \text{axe} \pm 90^\circ$$

L'équivalent sphérique constitue l'une des trois coordonnées rectangulaires (x,y,z) qui permettent de définir la réfraction par point dans un espace dioptrique tridimensionnel. L'équivalent sphérique correspond à un axe (z) situé orthogonalement au plan de l'astigmatisme défini par les deux autres coordonnées (x,y).

La correction d'une amétropie quelconque avec son équivalent sphérique transforme l'amétropie en un astigmatisme mixte (figure 4). L'équivalent sphérique est le meilleur verre sphérique possible car il permet au cercle de moindre diffusion du conoïde de Sturm de se positionner sur la rétine. Les deux droites focales sont à équidistance de la rétine. Concrètement, on peut utiliser l'équivalent sphérique chaque fois que l'on veut négliger l'astigmatisme (par exemple, prescription d'une lentille sphérique ou d'un verre d'essai pour la réalisation d'un champ visuel...).

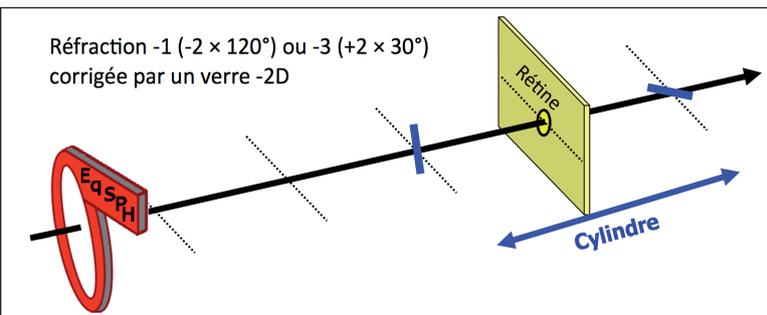


Figure 4. La correction par l'équivalent sphérique transforme une amétropie contenant un astigmatisme en un astigmatisme mixte.

Utiliser l'équivalent sphérique pour quantifier la composante sphérique de la réfraction revient à considérer qu'un *astigmatisme mixte est similaire à l'emmetropie* sur le plan de la défocalisation (puisque l'équivalent sphérique est nul dans les deux cas).

Une composante sphérique indépendante de l'astigmatisme pour les analyses statistiques

Constatant que l'équivalent sphérique n'est pas indépendant du cylindre puisque ce dernier entre dans la définition de l'équivalent sphérique, Guggenheim et Farbrother pensent qu'il n'est pas légitime d'analyser simultanément ces deux variables et en particulier d'effectuer une corrélation entre elles. D'après eux, si on prend deux séries aléatoires indépendantes A et B, leur corrélation avec la variable « A+B/2 » donnerait artificiellement une corrélation significative (coefficient de corrélation $\approx 0,42$). Pour les analyses statistiques, ils proposent de définir une composante sphérique totalement indépendante de l'astigmatisme : « *Least Deviation from Emmetropia (LDE)* ». Cette composante sphérique est égale à la *sphère de l'expression en cylindre positif en cas d'hypermétropie* et à la *sphère de l'expression en cylindre négatif en cas de myopie*. Il est nécessaire d'exclure les yeux présentant un astigmatisme mixte car deux valeurs opposées seraient possibles pour définir la sphère (figure 5). Si l'on considère la courbe de puissance du sphéro-cylindre selon le méridien, la composante sphérique de Guggenheim et Farbrother quantifie en définitive la distance minimale en dioptrie entre la courbe et l'axe des abscisses représentant l'emmetropie.

En analysant près de 45000 réfractations, les deux auteurs ont montré la pertinence de leur définition. En effet, la corrélation entre le cylindre et la composante sphérique est plus faible en utilisant leur sphère plutôt que l'équivalent sphérique. L'utilisation de la sphère définie par Guggenheim

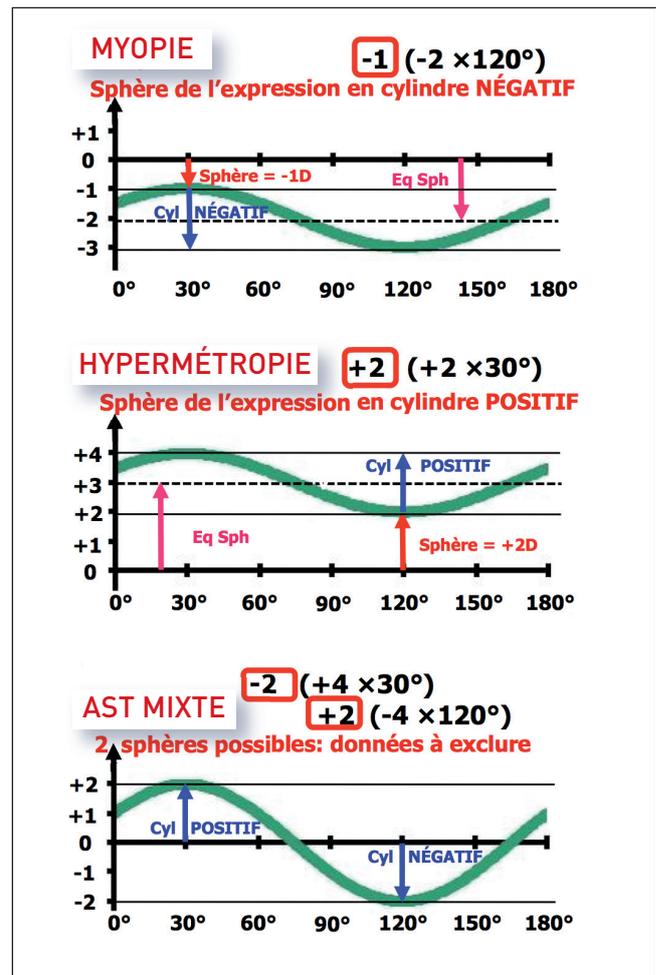


Figure 5. Quantification de la composante sphérique selon la méthode de Guggenheim et Farbrother.

heim et Farbrother est d'autant plus intéressante que l'astigmatisme est élevé, que l'amétropie sphérique est faible et que la population est hétérogène (myopie et hypermétropie).

Bibliographie

- Guggenheim JA, Farbrother JE. The association between spherical and cylindrical component powers. *Optom Vis Sci.* 2004;81:62-3.
- Holladay JT. Quality of vision. Essential optics for cataract and refractive surgeon. Thorofare, USA: Slack Inc, 2007.
- Roth A, Gomez A, Pêchereau A. La réfraction de l'œil : du diagnostic à l'équipement optique. Atlas en ophtalmologie. Paris: Elsevier Masson, 2007.
- Touzeau O, Gaujoux T, Bullet J *et al.* Relations entre les paramètres de la réfraction : sphère, cylindre et axe. *J Fr Ophtalmol.* 2012;35:587-98.
- Touzeau O, Gaujoux T, Costantini E *et al.* Les différentes expressions « polaires » et « non polaires » de la réfraction. *J Fr Ophtalmol.* 2010;33:56-71.