BrienHoldenVisionInstitute

SENSIBILITÉ AU CONTRASTE

AUTEUR

Thomas Salmon: Northeastern State University, États-Unis

RÉVISION PAR LES PAIRS

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, États-Unis

CE CHAPITRE INCLUT UNE RÉVISION DE:

- La sensibilité au contraste pour tester la fonction visuelle
- La limite de la FSC en haute fréquence spatiale
- Comparaison – Acuité de Snellen & fréquence spatiale
- Améliorer la qualité de l'image

LA SENSIBILITÉ AU CONTRASTE POUR TESTER LA VISION SPATIALE

Tester la vision spatiale représente une grande part du travail de l'optométriste puisque nous sommes grandement intéressés à la clarté avec laquelle le patient voit les images. D'emblée, c'est une information importante, mais ça l'est aussi parce qu'une vision spatiale inférieure à la normale peut être indicatrice d'une erreur de réfraction non-corrigée ou d'une atteinte oculaire.

L'acuité de Snellen est une façon de tester la vision spatiale, mais on obtient une analyse plus complète de la vision spatiale avec la fonction de sensibilité au contraste (Figure 15-1). Référez-vous aussi à la Figure 7-11 de Schwartz, 2004. On y présente les limites de la vision spatiale, c'est-à-dire, les frontières entre le vu et le non-vu. Pour tester la sensibilité au contraste, nous présentons un stimulus en faisant varier deux paramètres de base:

- La taille du stimulus (fréquence spatiale)
- Le contraste du stimulus

Dans les tests de sensibilité au contraste utilisés en clinique, l'orientation des réseaux est habituellement constante pour simplifier la procédure.

Pour mieux comprendre la sensibilité au contraste (et l'acuité visuelle), songez à ce qui se produit lorsque l'on maintient une des variables, soit la taille (fréquence spatiale) ou le contraste, tout en faisant varier l'autre. Par exemple, comment la visibilité d'une cible change-t-elle si on garde son contraste constant, mais qu'on modifie sa taille? En rendant une cible, telle qu'une lettre, plus petite, elle devient plus difficile à voir, jusqu'à ce qu'elle excède la limite de l'acuité visuelle. Lorsqu'on diminue la taille d'une cible, on augmente les fréquences spatiales formant la cible, un changement de la taille correspond donc à un déplacement de droite à gauche sur la fonction de la sensibilité au contraste (FSC).

LA SENSIBILITÉ AU CONTRASTE POUR TESTER LA VISION SPATIALE (SUITE)

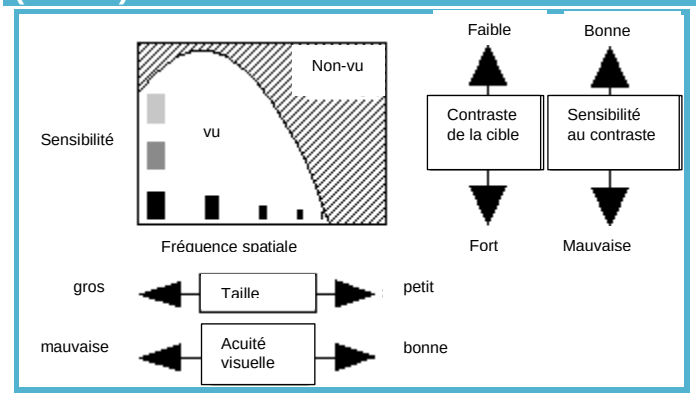

Figure 15-1: *Les variables de la fonction de sensibilité au contraste (FSC)*

On peut également choisir de garder la taille de la cible contante, mais de diminuer son contraste jusqu'à ce que la cible ne soit plus vue. Ce changement de paramètre peut être indiqué par un changement dans la direction verticale sur la FSC.

Dans les deux approches, (contraste-constant/taille-variable ou taille-constante/contraste-variable), le test se termine lorsque le sujet ne peut plus percevoir la cible. On tente donc de trouver un point sur la courbe de la FSC qui sépare le vu du non-vu. Notez que l'acuité de Snellen ne représente qu'un point sur la FSC.

Q. Quel point?

R. _____

Pour obtenir la FSC complète d'une personne, nous devrions placer plusieurs points tout au long de la courbe, mais cela exigerait beaucoup de temps. À la place, il peut être suffisant de mesurer juste assez de points pour juger de la forme générale de la FSC.

La Figure 15-2 montre la feuille de collecte de données pour établir la FSC d'un patient à l'aide du système de sensibilité au contraste Vector-Vision (http://www.vectorvision.com). Il ne mesure que quatre points à des fréquences spatiales de 3, 6, 12 et 18 cycles par degré, ce qui rend le test facile et rapide à exécuter. Puisque la fréquence spatiale équivalente à 20/20 est de 30 cycles par degré, vous devriez remarquer que le test de Vector-Vision, tout comme d'autres tests de sensibilité au contraste commerciaux, ne teste pas la sensibilité au contraste à cette fréquence spatiale (Fig.15-3). En effet, le test ne mesure que les basses et moyennes fréquences spatiales.

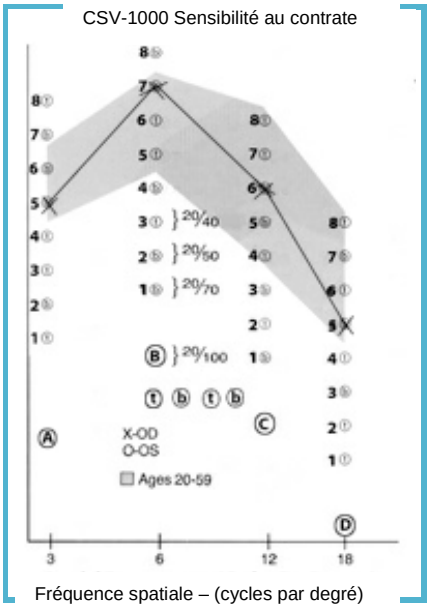

Figure 15-2: *Une copie du feuillet fourni par Vector-Vision pour noter la sensibilité au contraste avec leur échelle*

LA SENSIBILITÉ AU CONTRASTE POUR TESTER LA FONCTION VISUELLE (SUITE)

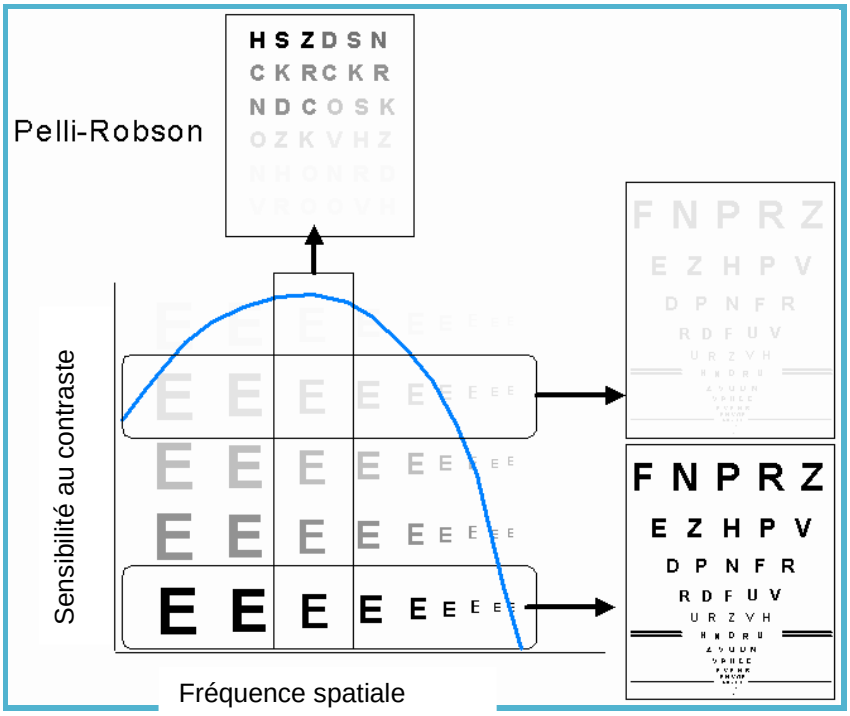

Figure 15-3: *Exemples d'échelles qui testent la sensibilité au contraste (en haut) ou l'acuité visuelle (à droite: haut de faible contraste, bas de haut contraste). Elles sont comparées à la fonction de sensibilité au contraste. Image recopiée du site web de la British Society for Refractive Surgery*

LA LIMITE DE LA FSC EN HAUTE FRÉQUENCE SPATIALE

La diminution de la sensibilité au contraste à de hautes fréquences spatiales est principalement due aux limites physiologiques de l'optique de l'oeil. C'est pourquoi les formes de la FTM et de la FSC humaines sont très similaires pour les hautes fréquences spatiales. Pour des *pupilles de grand diamètre*, ce sont principalement des **aberrations** qui dégradent la qualité de l'image et qui réduisent la FTM à zéro. Pour des *pupilles de petit diamètre*, les aberrations deviennent insignifiantes et c'est plutôt la **diffraction** qui devient le facteur limitant. Ceci est valable seulement lorsque l'oeil est en santé et a une optique claire, c'est-à-dire que le système est bien focalisé (sans erreur réfractive) et qu'il n'y a pas de dispersion (pas de cataracte ou d'opacité des milieux).

De plus importantes diminutions de la FTM et de la FSC surviendront dans les hautes fréquences spatiales si une défocalisation (une erreur réfractive sphérique) est ajoutée au système. La Fig. 7-13 de Schwartz, 2004 montre ce qu'il advient de la FSC lorsque le sujet a une erreur réfractive non-corrigée. La fréquence limite sera déplacée vers une plus basse fréquence spatiale. Ceci signifie que le sujet aura besoin de plus grosses lettres pour lire l'échelle d'acuité visuelle.

Qu'arriverait-il avec une optique parfaite? Qu'est-ce qui limiterait la plus haute fréquence spatiale perceptible? Elle serait limitée par l'espacement des photorécepteurs. Ceci est illustré dans la figure 15-4 ci-dessous et dans la figure 7-12 de Schwartz (2004).

Le plus fin réseau pouvant être perçu est atteint lorsque la largeur d'une bande noire ou blanche (un demi-cycle) est égale au diamètre d'un cône photorécepteur. Souvenez-vous que nous considérons la vision fovéale où chaque cône est connecté à une cellule ganglionnaire et les aires de sommation spatiale sont égales au diamètre d'un cône.

LA LIMITE DE LA FSC EN HAUTE FRÉQUENCE SPATIALE (SUITE)

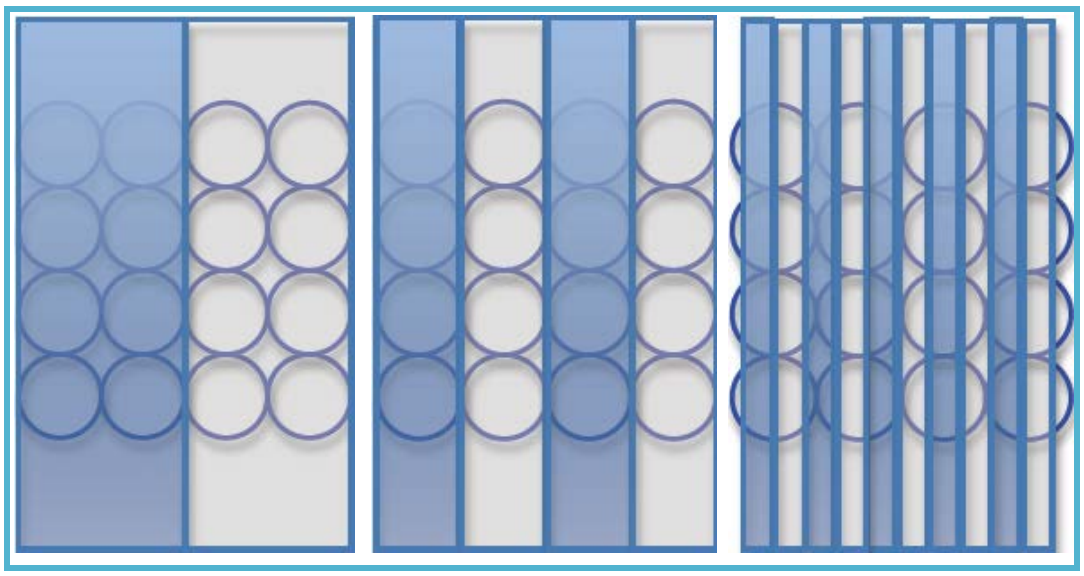

Figure 15-4: *Des bandes larges (à gauche) couvrent plusieurs photorécepteurs et sont facilement perçues. Si la largeur des bandes est égale au diamètre d'un photorécepteur (au centre), le réseau peut encore être perçu. Si les bandes sont plus étroites qu'un photorécepteur (à droite), les photorécepteurs ne peuvent plus résoudre les bandes comme étant séparées.*

Pour des fréquences spatiales supérieures (un réseau plus fin), les bandes foncées et claires peuvent arriver simultanément sur un photorécepteur qui sera incapable de les percevoir comme deux bandes distinctes. Ainsi, le réseau le plus fin pouvant être perçu est un réseau où un cycle complet est égal à la largeur de deux photorécepteurs. En d'autres mots, *il faut un minimum de deux photorécepteurs pour correctement percevoir un patron en réseau.*

Ceci est énoncé dans le **Théorème de Nyquist** qui stipule (pour la vision) que la plus haute fréquence spatiale que les cônes de la fovéa peuvent correctement résoudre est la fréquence spatiale dont la largeur d'un demi-cycle est égale à la largeur d'un cône.

Sur la base du Théorème de Nyquist et de la dimension des cônes de la fovéa, on peut calculer une limite théorique de la résolution spatiale, qui est en fonction du diamètre d'un cône fovéal:

- Les cônes de la fovéa ont un diamètre d'environ 2 µm
- Un cycle nécessite deux cônes, alors la largeur d'un cycle est de 2 x 2 µm = 4 µm
- Au niveau de la fovéa, un degré fait environ 300 µm de largeur
- Combien de cycles (de 4 µm chacun) composent un degré (300 µm de large)? 300/4 = 75

$$\frac{300\,\mu\text{m/degré}}{4\,\mu\text{m/cycle}} = 75\,\text{cycles/degré}$$

- Il s'agit de la **fréquence de Nyquist**, ou de la fréquence limite déterminée par la géométrie de l'agencement des cônes. En d'autres mots, il s'agit de la plus haute fréquence spatiale qu'un oeil humain normal pourrait résoudre s'il avait une optique parfaite.
- Pour convertir la fréquence spatiale en équivalent Snellen, divisez 600 par 75 (voir ci-dessous). L'équivalent de 75 c/d est de 20/8 (6/2.4). Ainsi, avec une optique parfaite, l'agencement des cônes à la fovéa limiterait l'acuité visuelle à 20/8 (6/2.4).

COMPARAISON – ACUITÉ SNELLEN & FRÉQUENCE SPATIALE

Lorsqu'on compare la fréquence fondamentale dans une lettre de Snellen ou un réseau en ondes carrées au réseau d'onde sinusoïdale correspondant, on peut convertir la fraction Snellen à la fréquence spatiale équivalente (pour la fréquence fondamentale) en cycles par degré (Figure 15.5) en utilisant un simple facteur de conversion de 600 tel que démontré ci-dessous:

$$\text{cpd} = \frac{600}{\text{Dénominateur Snellen}}$$

$$\text{Dénominateur Snellen} = \frac{600}{\text{cpd}}$$

Figure 15-5: *Si on les considère comme des stimuli visuels, il y a de nombreuses similarités entre le E de Snellen (à gauche) et un réseau d'ondes carrées (au centre) et entre un réseau d'ondes carrées et un réseau d'ondes sinusoïdales (à droite)*

AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'IMAGE

La fonction de sensibilité au contraste fournit une manière complète de décrire la qualité de la vision spatiale d'une personne, c'est-à-dire comment elle voit les images. Si nous améliorons la vision d'une personne, nous verrons une amélioration de sa fonction de sensibilité au contraste. Deux courbes de FSC sont présentées dans la figure 15-6. La courbe pleine est plus haute et s'étend plus vers la droite. Elle représente un oeil avec une meilleure vision que la courbe pointillée.

- Une FSC déplacée vers la droite indique une meilleure acuité visuelle – la personne voit de plus petits objets
- Une courbe plus haute signifie une meilleure sensibilité au contraste – la personne voit des objets de plus faible contraste

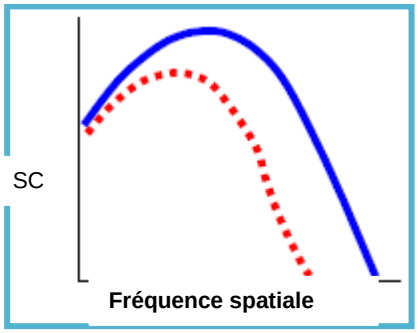

Figure 15-6: *La courbe du haut indique une meilleure FSC*

La façon la plus commune d'améliorer la vision spatiale de nos patients est de corriger leur erreur réfractive. Cela a pour effet d'étendre la FSC en déplaçant la courbe vers la droite et en augmentant sa hauteur.

En basse vision, une personne peut avoir une acuité visuelle réduite en raison d'une atteinte maculaire. Dans ce cas, le problème n'est pas une erreur réfractive; la rétine limite la meilleure acuité visuelle possible pour la personne. Nous pouvons aider ces patients avec des loupes optiques. En terme de FSC, que fait une loupe? Elle augmente la taille de l'image rétinienne, ce qui équivaut à réduire sa fréquence spatiale. Ceci est illustré dans la Figure 15-7 par la flèche A qui part d'un point hors de la FSC (invisible) et qui se déplace vers la gauche, vers un point à l'intérieur de la FSC (visible).

AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'IMAGE (SUITE)

Une autre façon d'augmenter la visibilité d'objets est d'augmenter le contraste. La flèche B de la Figure 15-7 l'illustre bien. Un objet non-visible de faible contraste (au-dessus de la FSC) devient visible quand son contraste est augmenté jusqu'au point où il entre dans la FSC. Les optométristes utilisent cette technique pour augmenter la visibilité des abrasions cornéennes en ajoutant de la fluorescéine aux larmes. À la lumière blanche, une abrasion claire a un contraste si faible contre la cornée transparente qu'elle est invisible. Avec de la fluorescéine, l'abrasion brille avec un fort contraste par rapport à son fond (Figure 15-8). L'angiographie à la fluorescéine est utilisée pour augmenter la visibilité de lésions rétiniennes subtiles, comme la néovascularisation, en augmentant le contraste. On en présente un exemple à la Figure 15-9.

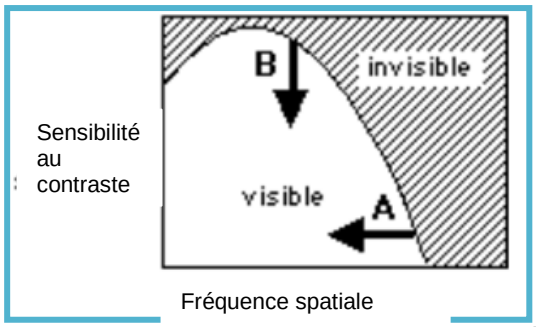

Figure 15-7: *Deux façons d'augmenter la visibilité*

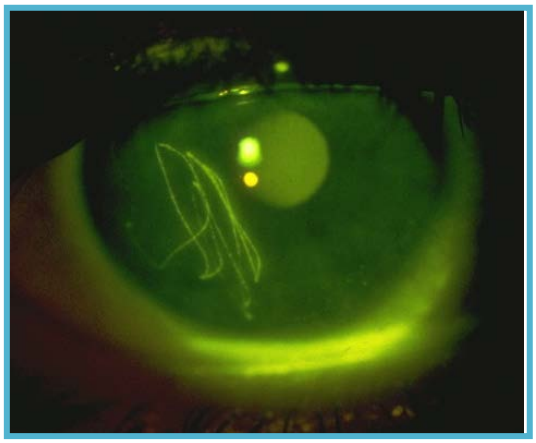

Figure 15-8: *Une abrasion cornéenne avec de la fluorescéine (Reproduit avec la permission du Dr. Ralph Latimer)*

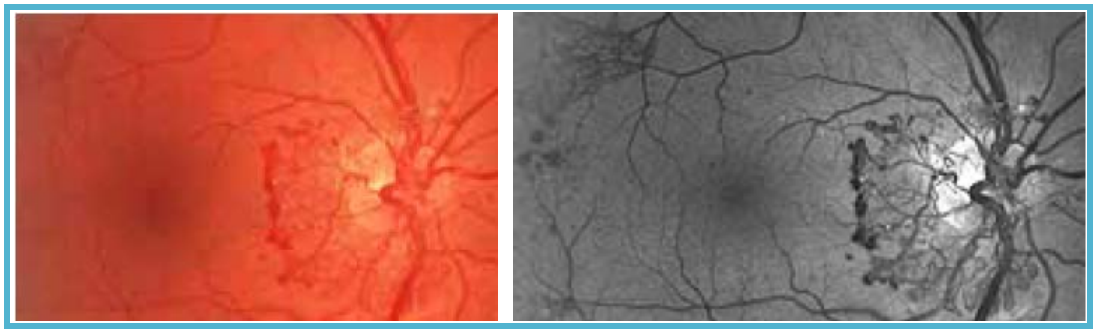

Figure 15-9: *Deux images de la même rétine diabétique, sans et avec angiographie à la fluorescéine. La vasculature rétinienne, incluant la néovascularisation, est plus visible en raison du plus fort contraste.*

AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'IMAGE (SUITE)

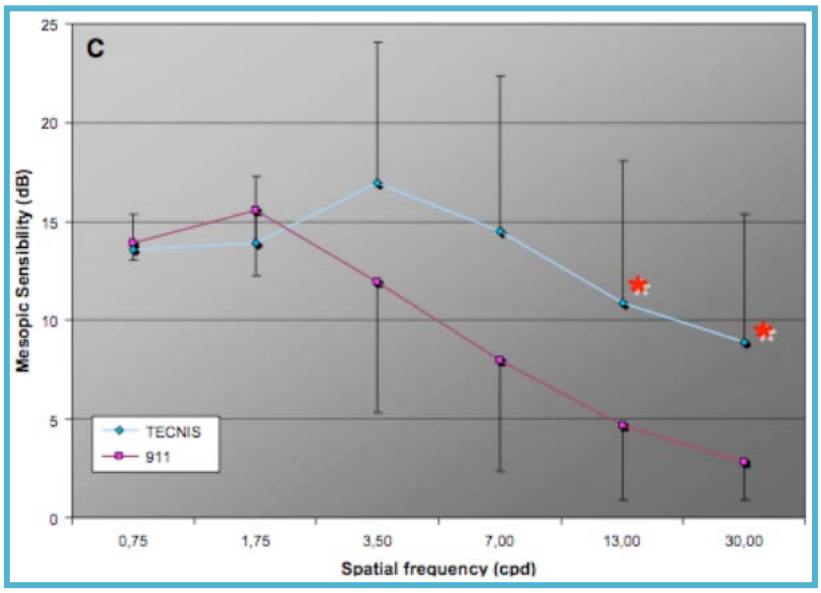

Figure 15-10: *Exemple d'une fonction de sensibilité au contraste (légende: mesopic sensibility = sensibilité mésopique ; spatial frequency = fréquence spatiale)*

Dans le numéro de février 2007 du *Journal of Cataract and Refractive Surgery (JCRS)* l'article: *Quality of vision after cataract surgery after Technis 9000 implantation* compare la performance visuelle moyenne de deux lentilles intraoculaires en conditions mésopiques (Figure 15-10). Testé sur 40 yeux dans chaque groupe 6 mois post-chirurgie. La meilleure acuité visuelle corrigée moyenne (logMAR) était de 0.03±0.05 (moyenne±écart-type) dans le groupe Tecnis et de 0.01±0.05 dans le groupe CeeOn Edge 911 (P = 0.41). Ils ont aussi évalué la performance optique et montré une moyenne de Z_4^0 = 0.01±0.06 µm pour la lentille intraoculaire de Tecnis et de Z_4^0 = 0.16±0.12 µm pour une pupille de 5.0 mm.

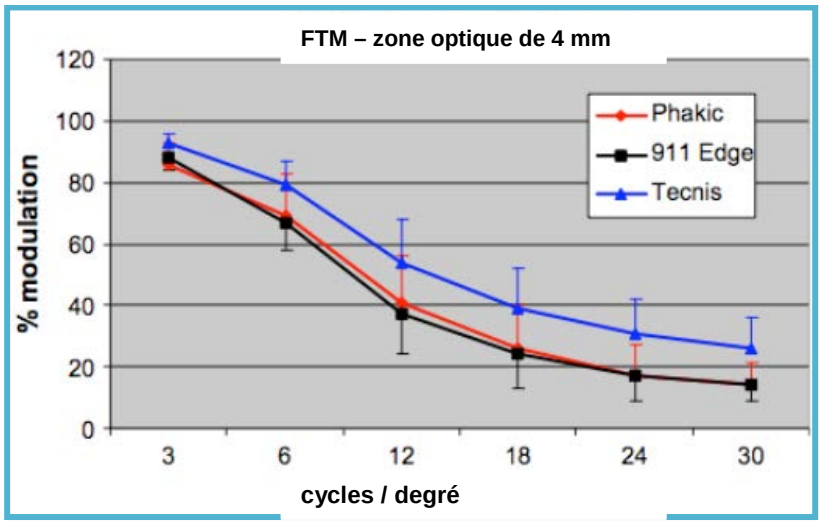

Figure 15.11: *Exemple d'une FTM*

Dans le même numéro de JCRS, dans l'article - Belluci et al. *Spherical aberration and coma with an aspherical and a spherical intraocular lens in normal age-matched eyes. - Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2007;33 2:203-209, l'aberration moyenne de 30 yeux de trois groupes a été étudiée et comparée aux FTM de trois lentilles intra-oculaires (voir Figure 15-11).

LECTURES RECOMMANDÉES/ OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004