BrienHoldenVisionInstitute

PÉRIMÉTRIE PAR DOUBLAGE DE FRÉQUENCE

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:

- Périmétrie par doublage de fréquence
- Méthode psychophysique
- Seuils
- Techniques de Fechner pour la mesure des seuils

PÉRIMÉTRIE PAR DOUBLAGE DE FRÉQUENCE

Le glaucôme est une maladie qui n'est pas évidente à diagnostiquer et à gérer, car elle ne présente aucun symptôme aux premiers stades, et dans certains cas, le patient atteint de glaucôme peut même avoir une PIO normale. Un diagnostic définitif basé sur l'ophtalmoscopie ou la biomicroscopie de fond d'oeil (lentille 90D, etc.) peut alors s'avérer difficile.

La périmétrie statique automatisée blanc-sur-blanc est le standard actuel pour le diagnostic final du glaucôme, par contre la périmétrie standard peut aussi échouer à détecter des dommages précoces de la maladie. Puisque le glaucôme est une des causes principales de cécité, une majeure partie des recherches actuellement entreprises dans le domaine oculo-visuel est dévouée à trouver une meilleure façon de diagnostiquer le glaucôme. Il existe deux façons d'aborder la détection précoce du glaucôme:

- Structurelle (anatomique)
- Fonctionelle (psychophysique)

Bien que le HRT (Tomographie rétinienne Heidelberg), le GDx (analyseur des fibres nerveuses rétiniennes), l'OCT (Tomographie par cohérence optique), le RTA (Analyseur de l'épaisseur rétinienne) ou le SWAP (Périmétrie automatisée à courtes longueurs d'onde) soient conçus dans le but d'améliorer le diagnostic du glaucôme, il existe certains problèmes pratiques reliés à ces instruments:

- HRT - dispendieux
- GDx – dispendieux
- OCT – dispendieux
- RTA – dispendieux, difficile à maîtriser
- SWAP – test long et difficile pour le patient

Un test conçu pour la détection précoce du glaucôme devrait idéalement être:

- Sensible aux changements glaucômateux subtils
- Abordable
- Facile, pratique et rapide à utiliser

PÉRIMÉTRIE PAR DOUBLAGE DE FRÉQUENCE (SUITE)

De nouveaux tests psychophysiques sont en train d'être développés afin de permettre une détection précoce du glaucôme. Un de ces tests est basé sur la découverte des effets précoces du glaucôme sur les cellules ganglionnaires magnocellulaires qui sont les premiers neurones à être endommagés. Ainsi, un test qui isole les cellules magnocellulaires serait très utile. Le ***Humphrey Frequency Doubling Perimeter*** **(FDT)** (Périmètre par doublage de fréquence Humphrey) en est un. Une nouvelle version du FDT, connue sous le nom de **Matrix**, est disponible depuis quelques années (Fig. 30-1). Les principes de base de l'examination avec le Matrix sont les mêmes qu'avec le FDT, sauf que ce dernier teste plus de points, correspondants à de plus petites surfaces que le FDT. L'imprimé des données est également semblable à celui du *Humphrey Field Analyzer* (Analyseur de champ Humphrey), ce qui le rend plus facile à interpréter par les docteurs. Pour obtenir plus de détails concernant cet instrument, consultez sa fiche sur le site web de Zeiss-Humphrey:

(http://www.meditec.zeiss.com/)

Figure 30-1: *Le MATRIX de Zeiss- Humphrey utilise la technologie de doublage de fréquence*

Le site web des instruments Humphrey décrit le FDT de cette façon:

> *[Il est] le premier instrument de champ visuel qui est assez simple et compact afin d'être utilisé même en pré-test. Abordable, la performance du FDT est appuyée et validée par des années d'études et d'essais cliniques. Cet instrument produit des résultats de dépistage en seulement 45 secondes ainsi que des résultats de seuil complet en moins de 4 minutes par oeil. Pesant seulement 19 libres, le FDT est l'instrument de champ visuel automatisé le plus portable et convivial jamais créé.*

Le stimulus présenté par cet instrument a été conçu spécifiquement afin de stimuler les neurones du système magnocellulaire. Ce stimulus est un réseau d'ondes sinusoïdales en contre-phase en papillottement (*flicker*) (Fig. 30-2).

- Le système magno peut détecter les papillottements rapides, alors les cibles en réseau papillotent à une fréquence rapide de 15 Hz. Cette fréquence de papillotement est supérieure à la fréquence critique de fusion du système parvocellulaire.
- La réponse du système magno est non-linéaire, alors, si détecté, le système magno change la perception du stimulus afin de donner l'apparence d'un doublage de la fréquence spatiale réelle au réseau présenté, d'où le nom de doublage de fréquence. Si la réponse était linéaire (système parvo), la cible serait plutôt une aire uniforme grise—les réseaux en contre-phase sont fusionnés en une zone grise uniforme.
- Des réseaux larges sont utilisés pour le système magno puisque ce système a une basse résolution spatiale. Seul le système parvo peut percevoir les réseaux à haute fréquence spatiale.
- Le contraste est varié jusqu'à ce que la personne ne soit plus capable de détecter les réseaux. Si un nombre significatif de fibres magnocellulaires est endommagé, la personne aura besoin d'un contraste plus élevé afin de voir les stimuli en réseau. Cela est essentiellement un test de sensibilité aux contrastes (Fig. 30-3).

PÉRIMÉTRIE PAR DOUBLAGE DE FRÉQUENCE (SUITE)

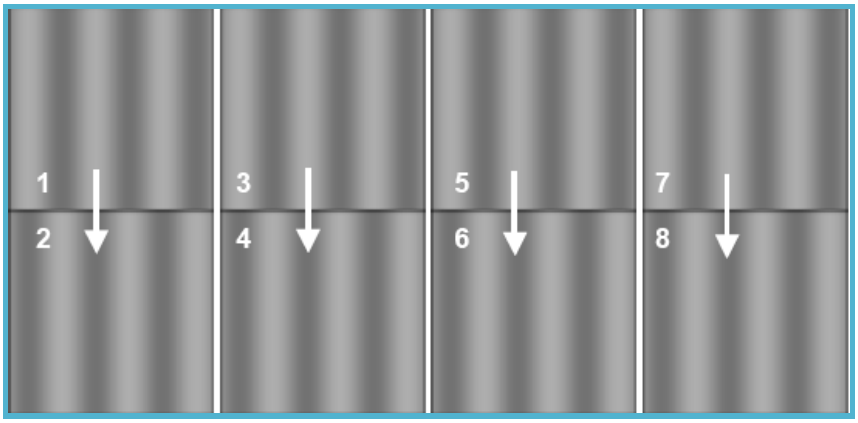

Figure 30-2: *La cible utilisée dans les machines de FDT est en réseau sinusoïdal ayant un papillotement de 15 Hz, et ayant des présentations en alternance en contre-phase. Les chiffres montrent les séquences de temps des présentations*

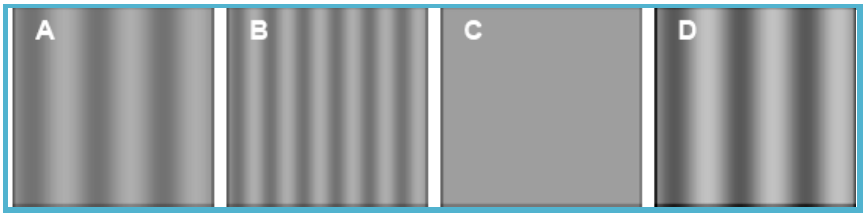

Figure 30-3: *Si les neurones magnocellulaires sont intacts, le stimulus actuel (A) paraîtra comme un réseau sinusoïdal ayant un doublage de fréquence (B). Si les neurones magnocellulaires sont endommagés, comme c'est le cas dans le glaucôme, les bandes ne seront pas visibles, et le patient ne verra qu'un champ gris vide (C). La machine devra donc augmenter le contraste des bandes afin de permettre au patient de les voir (D)*

Cet instrument semble être très utile pour le dépistage du glaucôme, car il est rapide, simple à utiliser et possiblement plus sensible que les périmètres standard pour la détection précoce du glaucôme. Le test de seuil complet ne prend que quelques minutes. L'instrument est de petite taille et portable, et le manufacturier prétend que vous pouvez effectuer un test sur un patient ayant une erreur de réfraction non-corrigée jusqu'à 3 dioptries.

MÉTHODE PSYCHOPHYSIQUE

(Schwartz, 2004, Ch. 11)

Les chercheurs en vision et les optométristes veulent évaluer la performance visuelle. Des exemples communs de tests cliniques pour évaluer la vision incluent:

- La limite de résolution spatiale testée par l'acuité visuelle Snellen
- Le seuil par incrément testé par la périmétrie statique automatisée
- L'adaptation à l'obscurité testée par le test d'adaptation à la lumière (photostress)
- La sensibilité aux contrastes par le périmètre par doublage de fréquence ou Matrix
- Tests de vision des couleurs

MÉTHODE PSYCHOPHYSIQUE (SUITE)

Q. Pourquoi est-ce si important de pouvoir évaluer la performance visuelle?

R. Lorsque nous testons la performance dans un domaine quelconque, nous essayons souvent de déterminer les limites de la performance. Par exemple, lorsqu'on décrit la performance d'une voiture de course, nous ne nous intéressons pas à sa capacité à rouler sur la route, mais plutôt à sa vitesse maximale. Vous ne choisiriez probablement pas le gagnant d'un concours d'haltérophilie en observant comment il soulève les poids, mais plutôt le poids maximum qu'il peut soulever. De même, lorsque la vision est examinée, on essaye généralement de tester la performance visuelle, et cela requière la mesure de seuils. En voici quelques exemples:

- La plus petite lettre
- Le contraste minimum
- La lumière la moins intense
- Le temps minimum de rétablissement
- La plus petite différence perceptible

Toutes ces tâches mesurent la perception d'une personne à des stimuli physiques. Cela fait partie du domaine scientifique de la psychophysique. Un concept de base qui est important en psychophysique est le concept de **seuil**, et les scientifiques ont développé des techniques sophistiquées afin de mesurer des seuils.

SEUILS

Dans le domaine de la vision, le mot «seuil» implique qu'il existe, pour un stimulus, une certaine amplitude qui sépare le vu du non-vu (Schwartz, 2004 Fig. 11-1B). Toutefois, comme vous avez probablement remarqué lors des sessions de travaux pratiques, il peut être très difficile de déterminer un seuil avec précision. De plus, l'estimé du seuil peut varier d'un moment à l'autre.

Qu'arriverait-il si vous essayiez de mesurer un seuil de détection et que vous répétiez l'expérience plusieurs fois? Vous pourriez par exemple prédéfinir l'intensité du stimulus à un bas niveau et voir si la personne le détecte. Si vous répétiez l'expérience à plusieurs reprises, vous remarqueriez probablement que la personne voit parfois le stimulus, et parfois non. Pour des niveaux très faibles du stimulus, la personne pourrait ne détecter le stimulus que 10% du temps, par exemple. Avec des niveaux d'intensité un peu plus élevés, le sujet pourrait détecter le stimulus, par exemple, 50% du temps. Finalement, si l'intensité est assez élevée, le sujet pourrait voir le stimulus chaque fois qu'il est présenté. Si on traçait un graphique du pourcentage de détection en fonction de l'intensité du stimulus, on obtiendrait sûrement une courbe comme celle de la Fig 11-1C de Schwartz, 2004. Cela démontre qu'au lieu d'avoir un seuil net, il existe une étendue d'intensités pour laquelle la probabilité de détection augmente graduellement de zéro à 100%.

Le graphique de la fréquence de détection (ordonnée) en fonction de l'intensité du stimulus (abscisse) aura l'air, pour certaines expériences psychophysiques, d'une courbe en S. Ce type de graphique se nomme fonction psychométrique. La forme en S de la courbe se nomme aussi courbe ogive, qui représente une distribution normale cumulative.

Q. Pourquoi pensez-vous que les données de plusieurs expériences psychophysiques présentent une distribution normale cumulative?

R. _____

Q. Pourquoi y a-t-il une augmentation graduelle de la probabilité de détection au lieu d'un seuil précis? (Voir Schwartz, 2004, p. 239, 5e paragraphe)

R. Lorsqu'on teste des seuils, l'amplitude de la réponse neuronale face au stimulus est généralement tellement faible qu'elle excède à peine le bruit de fond des neurones. Afin d'être détectée, la réponse neuronale doit dépasser le bruit neuronal; puisque le bruit de fond est variable, la réponse neuronale requise à un moment précis afin de détecter le stimulus va également varier. Avec le temps, l'amplitude du bruit de fond aura une valeur moyenne avec une distribution de probabilités pour les valeurs inférieures et supérieures à la moyenne. Si la distribution de probabilités est une distribution normale, la fonction psychométrique aura une forme ogive, ou en S.

TECHNIQUES DE FECHNER POUR LA MESURE DES SEUILS

Jusqu'à il y a environ 150 ans, les connaissances concernant les seuils étaient limitées et basées surtout sur des suppositions, plutôt que sur des études scientifiques bien conçues. Au 19e siècle, deux scientifiques allemands, **Weber**, puis **Fechner**, commencèrent à développer des techniques scientifiques conçues spécifiquement afin de permettre l'étude de la perception (Fig. 30-4).

Ernst Weber (1795-1878), un physiologiste et professeur à l'Université de Leipzig, essaya de déterminer l'incrément de poids minimum pouvant être ajouté à un poids de départ qu'une personne puisse ressentir. Il a constaté que plus le poids de départ était lourd, plus il fallait un grand incrément pour que la personne puisse détecter une différence. Cependant, lorsqu'il exprimait cette différence en tant que fraction du poids de départ, il obtenait une fraction constante sur une large gamme de poids (fraction de Weber).

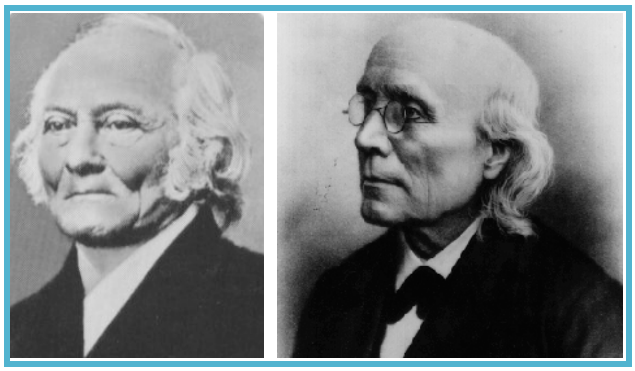

Figure 30-4: *Ernst Weber (à gauche) et Gustav Fechner (à droite)*

Gustav Fechner (1801-1887) était un physicien qui étudia les réponses sensorielles à des stimuli physiques. Il essaya d'analyser et de prédire les réponses perceptuelles en se basant sur des principes mathématiques et physiques. Il établit le domaine scientifique de la psychophysique en 1860 grâce à son livre *Elemente der Psychophysik* (Éléments de psychophysique) ainsi qu'à son ouvrage dans le domaine de la perception.

Voici une citation de l'encyclopédie Grolier, 1994:

> *Bien que Psychophysik de Fechner date de plus d'un siècle, il fournit encore les bases de la psychophysique moderne. Premièrement, il systématisa la notion de seuils sensoriels. Le seuil absolu est la plus petite quantité d'énergie du stimulus requise afin de pouvoir détecter ce stimulus. Le seuil différentiel (aussi nommé la plus petite différence perceptible) est la plus petite quantité d'énergie qui doit être ajoutée à un stimulus afin d'obtenir un changement détectable. Deuxièmement, le livre de Fechner a permis d'établir des méthodes pour déterminer ces types de seuils.*

Fechner a développé les trois méthodes principales de mesure des seuils:

- Méthode des stimuli constants
- Méthode des limites
- Méthode d'ajustement

Chaque méthode correspond à une procédure expérimentale et à une méthode d'analyse mathématique.

LECTURES RECOMMANDÉES/OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004
- **The New Grolier Multimedia Encyclopedia**, Grolier Electronic Publishing. 1994
- http://www.meditec.zeiss.com/