



« Entraîner votre cerveau à mieux voir »



Mémoire de stage présenté en vue de l'obtention du grade de Licence

Licence santé : option Optique Professionnelle

Amélioration du traitement cérébral du signal visuel à l'aide de RevitalVision

Quentin DEBOVE

Maître de stage et Tuteur

Dr Benhamou Robert

Lieu du stage :

"Le Grand Hôtel"

165 Place de la Liberté

83000 TOULON



Aix Marseille Université
Faculté des Sciences
2013 - 2014
Tous droits de reproduction réservés

REMERCIEMENTS

Dans un premier temps, je tiens à remercier le Docteur BENHAMOU et le Docteur SARFATI pour m'avoir accepté au sein de leur cabinet.

En tant que maître de stage et tuteur, le Docteur BENHAMOU m'a permis de m'intégrer au sein du cabinet et de pouvoir m'occuper des patients avec une grande liberté. Ses conseils m'ont été d'une grande aide, tant pour la réfraction et les examens complémentaires que pour la rédaction de ce mémoire.

Je tiens à remercier toute l'équipe du cabinet pour leur gentillesse et leur écoute. Un remerciement particulier à Céline FREYRIA, orthoptiste du cabinet, qui m'a consacré énormément de temps, que ce soit pour la découverte de son métier, la présentation de RevitalVision ou bien pour ses conseils avisés.

Mes remerciements s'adressent également à Carmel MOLINIER, optométriste et technico-commerciale de la société VOIS (RevitalVision) en charge de la région Parisienne, qui m'a donné beaucoup de son temps pour la découverte de son métier et de RevitalVision, et m'a fourni une grande quantité d'informations sur ce logiciel.

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude à toute l'équipe de VOIS qui m'a aidé à compléter mon étude avec des patients de leur base de données.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	1
INTRODUCTION.....	2
I) Généralités.....	3
A) Prérequis de connaissances.....	3
i) Rappels anatomiques et neurologiques.....	3
a) <i>La couche des photorécepteurs de la rétine et ses composantes</i>	3
b) <i>Les champs récepteurs des cellules bipolaires et ganglionnaires</i>	6
c) <i>Organisation et champ récepteur du cortex visuel</i>	8
d) <i>Sélectivité des cellules à l'orientation et aux fréquences spatiales</i>	10
e) <i>Résumé</i>	11
ii) La plasticité cérébrale.....	11
B) Étude et fonctionnement du logiciel Revitalvision.....	12
i) Présentation des différents programmes.....	12
ii) Protocole clinique.....	14
iii) Critères d'inclusion et d'exclusion.....	14
iv) Déroulement des séances.....	15
v) Les taches de Gabor.....	17
II) Protocole expérimental et étude de cas.....	18
A) Les différentes prises de mesures	18
i) Mesure de l'acuité visuelle.....	18
ii) Mesure de la sensibilité au contraste.....	20
iii) Échelles subjectives à travers un questionnaire.....	20
iv) Fréquence des contrôles	21
B) Quelques cas concrets.....	21
i) Post-chirurgie réfractive.....	21
ii) Petite myopie.....	24
iii) Commentaires.....	26
CONCLUSION.....	27
BIBLIOGRAPHIE.....	28

RÉSUMÉ

La vision n'est pas uniquement la formation d'une image, à travers des optiques et des milieux transparents, mais aussi un traitement cortical. Alors que la réfraction semble avoir des limites connues (forte correction, pathologies rétiniennes,...), les neurosciences, et plus particulièrement la neurovision, semblent voir leurs frontières s'éloigner année après année grâce aux progrès scientifiques.

C'est grâce aux recherches initiées en Israël en 1999 que, plus tard, le programme de rééducation RevitalVision sera créé. Constitué de plusieurs programmes (basse vision, légère myopie,...), il permet d'améliorer la réponse corticale afin d'augmenter la sensibilité au contraste, de diminuer les troubles visuels (tels que halos ou fatigue visuelle) et de gagner en moyenne deux lignes d'acuité visuelle. Ce programme fonctionne grâce aux taches de Gabor et, avec quatre exercices différents, constitue un traitement complémentaire pour des patients avec des demandes spécifiques.

Mots clés : neurovision, troubles visuels, taches de Gabor, entraînement cérébral.

SUMMARY

The vision is not only the forming of an image, through optics and transparent environments, but also a cortical treatment. While refraction, seems to have known limits (strong correction, retinal pathologies...), the neurosciences, and more particularly the neurovision, seem to see their borders going away years after years thanks to the scientific progress.

It's thanks to the researches introduced in Israel in 1999 that later the program of re-education RevitalVision will be create. Constituted by several programs (Low vision, light nearsightedness), he allows to improve the cortical answer to increase the sensibility in the contrast, decrease the visual confusions (such as haloes or visual fatigue) and to gain an average of two lines of visual acuteness. This program works thanks to the tasks of Gabor and, with four exercises, constitute an additional treatment for patients with specific demands.

Keywords : neurovision, visual troubles, Gabor's spots, brain training.

INTRODUCTION

D'une manière simple et générale, la vue est provoquée par une association entre des optiques (cornée, cristallin et milieux transparents) et une partie cérébrale où l'image projetée sur la rétine est transformée en signaux et différences de potentiels pour transiter de plus en plus loin dans le cortex cérébral et, grâce à la conscience, nous permettre de voir.

Les optométristes, grâce à la réfraction, savent très bien corriger la partie optique du processus en proposant des lunettes ou des lentilles adaptées. Les ophtalmologistes, en plus de la réfraction, peuvent opérer et poser des implants. Mais les résultats ne sont pas toujours à la hauteur des attentes.

En effet, les patients peuvent avoir des problèmes de rétine (DMLA, rétinopathie diabétique,...) et des problèmes au niveau du traitement cortical, ce qui se traduira par une insatisfaction d'un point de vue acuité et confort, malgré une correction parfaite.

La neurovision a commencé réellement dans les années 1960, suite aux expériences de David Hubel et Torsten Wiesel sur le chat. Ces expériences ont permis de mettre en évidence les réponses électriques du cortex visuel du chat, ce qui d'une part leur a valu le Prix Nobel, et d'autre part a permis à d'autres chercheurs de développer des méthodes pour améliorer le traitement neuronal malgré des données rétinienne floues.

I) Généralités

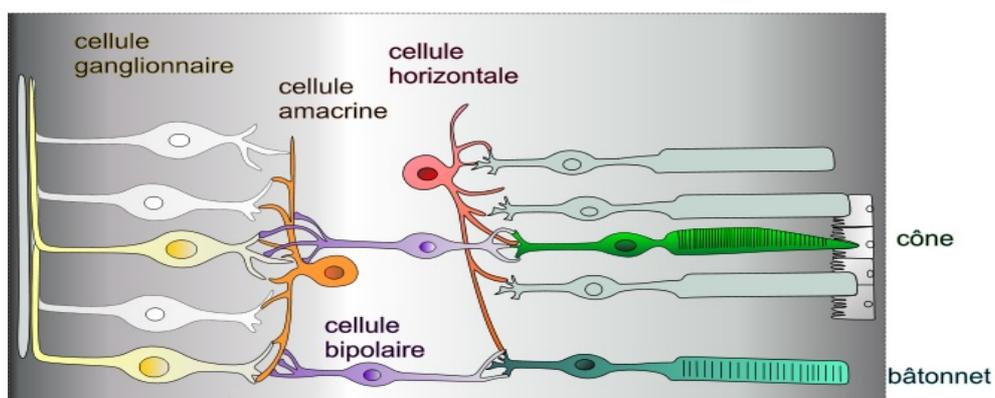
Revitalvision est un traitement cérébral basé sur des stimuli. Ce traitement fonctionne sur le principe d'une interaction entre le patient, le serveur et la nature des stimuli . Ces stimuli ont une forme particulière et surtout une orientation unique en fonction de son utilisateur. La fonction de ce traitement est d'identifier et de corriger les dysfonctionnements visuels et d'entraîner le cortex cérébral afin d'optimiser la réponse visuelle du patient (il ne s'agit pas de corriger l'amétropie d'un patient, mais d'améliorer la perception des images et stimuler la réponse neuronale).

A) Prérequis de connaissances

i) Rappels anatomiques et neurologiques

Afin de pouvoir décrire le programme, je vais faire quelques rappels anatomiques importants sur le fonctionnement d'un point de vue neurologique du système visuel afin de comprendre le principe et les choix faits par le programme (certains points seront plus détaillés que d'autres).

a) La couche des photorécepteurs de la rétine et ses composantes



- Les photorécepteurs, au nombre de deux, transforment le signal lumineux en signaux électriques puis chimiques :

* Les cônes, pour la vision diurne et colorée dont on distingue trois sous-types L, M et S en fonction de leur sensibilité spectrale. Les cônes L et M sont les seuls présents au niveau de la fovéola (répartition à hauteur de 50/50), et, au niveau de la fovéa, on compte un cône S pour cinq cônes M et dix cônes L.

* Les bâtonnets, pour la vision nocturne et achromatique. Ils sont présents qu'au niveau de la rétine périphérique.

- Les cellules horizontales sont connectées latéralement à plusieurs cônes, bâtonnets et neurones bipolaires. Leur rôle est d'inhiber l'activité des cellules avoisinantes : quand une source lumineuse atteint la rétine, elle peut illuminer fortement certains photorécepteurs et d'autres beaucoup moins. En supprimant le signal de ces photorécepteurs moins illuminés, les cellules horizontales assurent que seul le signal des photorécepteurs bien illuminés est transmis aux cellules ganglionnaires, améliorant ainsi le contraste et la définition du stimulus visuel. Cette suppression sélective de certains signaux nerveux s'appelle l'inhibition latérale.

- Les cellules bipolaires sont un passage obligatoire entre les photorécepteurs et les cellules ganglionnaires par deux voies : la voie directe et la voie indirecte faisant intervenir les cellules horizontales. Le signal s'y transmet sous forme de potentiel gradué. Celui-ci peut être une dépolarisation ou une hyperpolarisation, selon le type ON ou OFF de la cellule bipolaire.

Une cellule bipolaire reçoit des connexions synaptiques directes d'un certain nombre de photorécepteurs : d'un seul au centre de la fovéa, jusqu'à des milliers dans la rétine périphérique.

En plus de ces connexions directes avec les photorécepteurs, les cellules bipolaires reçoivent des afférences de cellules horizontales. Par conséquent, le champ récepteur des cellules bipolaires comprend deux parties : un champ récepteur central qui reçoit l'information directement des photorécepteurs ; et un champ récepteur périphérique qui reçoit l'information passant par les cellules horizontales.

- Les cellules amacrines ont des morphologies très diversifiées et elles utilisent un nombre impressionnant de neurotransmetteurs. Elles relient les cellules bipolaires et ganglionnaires en formant une route alternative entre celles-ci. Elles semblent avoir plusieurs fonctions mais la plupart

sont encore inconnues.

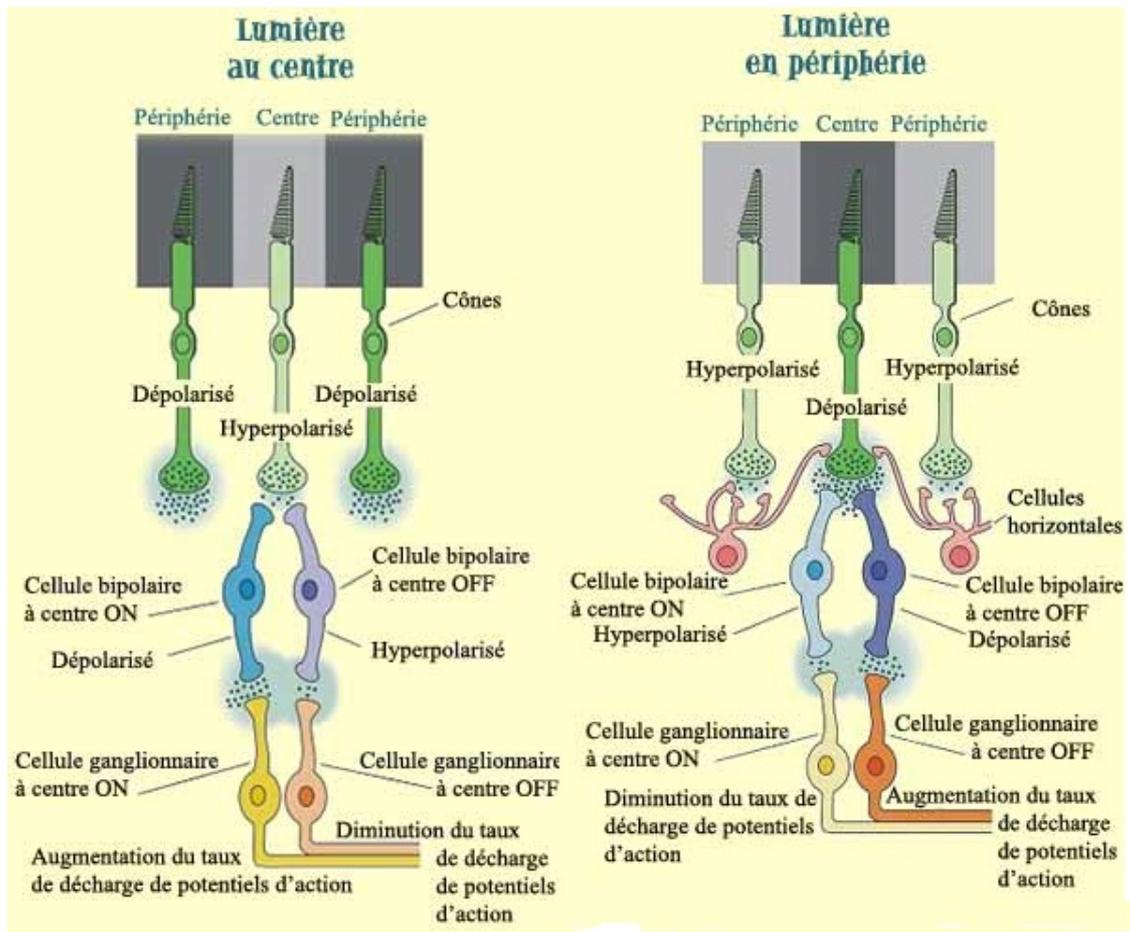
- Les cellules ganglionnaires sont les seules à transmettre le signal nerveux sous forme de potentiels d'action (les autres neurones n'émettent que des potentiels électriques gradués). Ces potentiels d'action sont générés de façon spontanée et c'est leur fréquence de décharge qui est amplifiée ou diminuée par l'apparition de lumière dans leur champ récepteur. Il existe trois groupes de cellules ganglionnaires : alpha, bêta et gamma :

* Les cellules alpha ont un corps cellulaire et un champ récepteur relativement larges, elles répondent de façon transitoire aux stimulations visuelles et transmettent rapidement l'information. Ces cellules sont activées indifféremment par les cônes répondant aux longueurs d'onde des couleurs verte et rouge : ainsi elles sont insensibles aux contrastes de couleur mais cela leur permet de répondre à une large gamme de longueurs d'onde.

* Les cellules bêta ont un plus petit corps cellulaire et un plus petit champ récepteur. Elles répondent de façon soutenue aux stimulations visuelles et présentent une conduction plus lente que les cellules alpha. Par ailleurs, contrairement aux cellules alpha, les centres des champs récepteurs des cellules bêta ne reçoivent des afférences qu'en provenance d'un type de cônes, le pourtour recevant, quant à lui, des afférences des autres types de cônes. Pour cette raison, les cellules bêta sont aussi appelées cellules à couleurs opposées.

* Les cellules gamma représentent 10 % de la population totale des cellules ganglionnaires et sont très mal connues.

b) Les champs récepteurs des cellules bipolaires et ganglionnaires

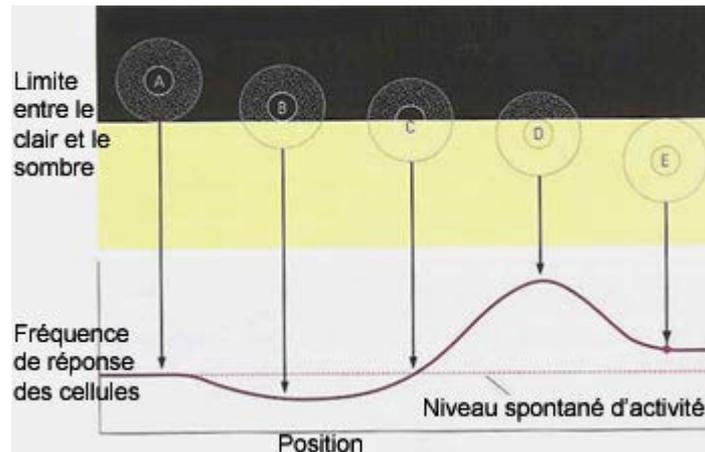


L'organisation centre-périphérie des champs récepteurs des neurones rétiniens naît de la connectivité des cellules horizontales avec les photorécepteurs et les cellules bipolaires. Cette organisation permet d'augmenter les contrastes des objets dans le champ visuel.

Les cellules bipolaires, comme tous les neurones de la rétine exceptées les cellules ganglionnaires, transmettent l'influx nerveux non pas avec des potentiels d'action, mais sous la forme de simples potentiels gradués. On parle tout de même de réponse ON lorsqu'une dépolarisation amène une augmentation de la relâche de neurotransmetteurs, et de réponse OFF quand une hyperpolarisation diminue la quantité de neurotransmetteurs relâchés.

Les photorécepteurs émettent en permanence leur neurotransmetteur, du glutamate, en l'absence de lumière. Par conséquent, les récepteurs au glutamate des cellules bipolaires à centre OFF sont

excitateurs, puisque l'absence de lumière doit les stimuler. De même, on constate que les récepteurs des cellules bipolaires à centre ON sont inhibiteurs, puisque la lumière qui frappe les photorécepteurs au centre de leur champ récepteur va les hyperpolariser et diminuer la relâche de glutamate. C'est donc la nature excitatrice ou inhibitrice des récepteurs au glutamate qui détermine le type de champ récepteur des cellules bipolaires.



Les cellules ganglionnaires ont le même type de champs récepteurs circulaires à opposition centre-périphérie que les cellules bipolaires. De plus, le caractère ON ou OFF d'une cellule bipolaire est transmis à la cellule ganglionnaire qui lui est connectée. La plupart des cellules ganglionnaires ne sont pas très sensibles aux stimuli lumineux qui touchent à la fois le centre et la périphérie du champ récepteur. Ainsi, une obscurité totale ou un éclairage uniforme leur fait émettre peu de potentiels d'action. Ces cellules sont toutefois très sensibles aux différences d'éclairement survenant à l'intérieur du champ récepteur, comme lorsqu'une zone d'ombre ou de lumière balaie leur champ récepteur d'un côté à l'autre par exemple.

L'aire V1 est composée de trois types de cellules : les cellules simples, les cellules complexes et les cellules hypercomplexes :

* Les cellules simples du cortex visuel possèdent, comme les cellules ganglionnaires, un champ récepteur comportant des régions excitatrice et inhibitrice distinctes l'une de l'autre. Les champs récepteurs des cellules simples sont formés à partir du recouvrement de plusieurs champs récepteurs, du CGL, alignés dans la même direction. Cependant, l'organisation de ces cellules est différente : leurs champs récepteurs sont allongés, et sont divisés en deux ou trois parties inhibitrices ou excitatrices. On distingue deux cas :



Dans le cas de droite, les champs récepteurs des cellules simples comportent une bande centrale excitatrice (ou inhibitrice) qui est entourée par deux régions inhibitrices (ou excitatrices) : le profil spatial de ces champs récepteurs est alors comparé à une fonction Gabor (j'explique les fonctions de Gabor dans une autre partie) en deux dimensions et optimisée. Dans le cas de gauche, les champs récepteurs sont divisés en deux parties : une bande excitatrice et une bande inhibitrice.

* Les cellules complexes répondent à des barres ayant une orientation spécifique. Cependant, elles ont un champ récepteur uniforme, c'est-à-dire sans régions excitatrice et inhibitrice distinctes bien qu'elles codent un contraste. Ces cellules sont fortement activées lorsqu'un signal balaie le champ récepteur avec une orientation correcte, ce qui les différencie fortement des cellules simples car le signal doit être fixe et correctement orienté.

* Les cellules hypercomplexes résultent de la convergence sur un même neurone des axones de plusieurs cellules complexes d'orientations différentes et de champs visuels voisins. Elles constituent encore un autre niveau de traitement de l'information.

NB : le cortex occipital est constitué de quatre aires visuelles V1, V2, V3 et V4 et aboutit dans le cortex inférieur temporal. L'intégration des contours, des formes, des couleurs, des textures est très complexe et ne fait pas l'objet de cette étude. C'est pourquoi je ne rentrerai pas dans le détail.

d) Sélectivité des cellules à l'orientation et aux fréquences spatiales

- Les cellules visuelles et géniculaires ne sont pas sélectives à l'orientation. Cette sélectivité à l'orientation est une nouvelle caractéristique du champ récepteur des cellules de l'aire V1. Ces dernières répondent de façon optimale à une orientation préférentielle. De ce fait, les stimuli qui provoquent une réponse maximale ont une forme linéaire et donc ont une orientation précise.

La réponse de la cellule peut être influencée de deux façons :

* Si une cible est entourée par des stimuli ayant une orientation identique, la réponse de la cellule s'affaiblit.

* Si la cible est entourée par des stimuli ayant une orientation opposée, la réponse de la cellule augmente.

- Différentes cellules sont sensibles à différentes fréquences spatiales. Certaines sont sélectives à une marge de fréquences spatiales allant de un à quatre cycles par degré ($c/^\circ$), d'autres sélectives à une marge allant de deux à dix $c/^\circ$. En général, les cellules sélectives aux hautes fréquences ont une sélectivité plus fine que les cellules sélectives aux basses fréquences spatiales.

Les cellules corticales montrent une corrélation entre les caractéristiques des deux types de sélectivité. En effet, les cellules finement sélectives aux fréquences spatiales sont aussi finement sélectives à l'orientation, et inversement les cellules grossièrement sélectives aux fréquences spatiales sont également grossièrement sélectives à l'orientation.

e) Résumé

Pour résumer, la rétine et le CGL « voient » la position, les cellules simples l'axe d'orientation, les cellules complexes le mouvement de l'axe et les cellules hypercomplexes les bords et les angles.

ii) La plasticité cérébrale

En neurobiologie, la plasticité désigne la modification d'une propriété ou d'un état face à une modification de l'environnement (stimulus externe).

Le cerveau est constitué de neurones et de cellules gliales étroitement interconnectés. L'apprentissage modifie la force des connexions entre les neurones et modifie les réseaux neuronaux en favorisant l'apparition, la destruction ou la réorganisation non seulement des synapses, mais également des neurones eux-mêmes. C'est l'ensemble de ces phénomènes qui peuvent être regroupés sous le terme de plasticité neuronale.

- Dans le cas d'une activité normale, sans lésion, la plasticité neuronale s'exprime surtout par le renforcement ou la dépression de la quantité de connexions entre les neurones ou dans un réseau neuronal. Par exemple, lors de l'apprentissage de la lecture, le début est laborieux et difficile, puis, avec de la pratique et de l'expérience, cela devient de plus en plus facile et rapide. C'est l'expression de la croissance du nombre de connexions dans l'aire responsable de la lecture. À l'inverse, lorsque l'on utilise moins un réseau de neurones, ses connexions diminuent, cela s'extériorise par la difficulté de refaire l'action en rapport avec ce réseau. Par contre, comme le réseau est déjà en place, si on le réutilise, les connexions seront plus rapides à se remettre en action, et tout l'apprentissage ne sera pas à refaire.

- Dans le cas d'une activité anormale mais non lésée, comme par exemple des personnes aveugles de naissance, l'aire visuelle de ces personnes n'est pas stimulée, ni développée puisqu'il n'y a pas eu d'apport visuel. Pourtant, des IRM ont permis de constater que l'aire visuelle était sollicitée dans l'apprentissage et l'utilisation du braille.

- Dans le cas d'une lésion, la plasticité neuronale agira différemment en fonction du type de lésion. Prenons comme exemple une lésion du cerveau : la zone n'est plus innervée par perte des neurones, ce qui donne des déficiences directes sur les fonctions qu'occupaient ces neurones. Pourtant, il arrive que des individus retrouvent partiellement ou complètement leurs capacités. Si la lésion survient chez un jeune individu, alors le sujet a plus de chance de recouvrir toutes ses capacités par l'utilisation de neurones encore non utilisés. Mais plus généralement, ce sont les aires neuronales voisines qui viennent prendre en partie le relais, ce qui permet de récupérer une partie de ses capacités correspondant à la zone lésée.

B) Étude et fonctionnement du logiciel Revitalvision

i) Présentation des différents programmes

Il existe en tout sept programmes dont les fonctions et la nature des stimuli seront différentes :

- Basse vision : le programme fonctionne pour les personnes atteintes de basse vision (DMLA, rétinites pigmentaires, amblyopie bilatérale,...) mais conservant une acuité visuelle en binoculaire de 2/10 au minimum. Le programme se déroulera sur quarante sessions. Les rôles principaux de ce programme sont de permettre une reconnaissance des visages éloignés, une lecture de sous-titres à la télévision et lecture de panneaux éloignés dans la rue (sous faible luminosité), de satisfaire aux critères visuels du permis de conduire, de réduire l'éblouissement et d'améliorer la vision ainsi que la conduite de nuit.

- Petite myopie : dans le cas de myopie inférieure à 1,50 avec ou sans un astigmatisme inférieur à 0,75, le programme peut permettre à ces patients de lire les sous-titres à la télévision, leur faciliter la reconnaissance des visages éloignés et leur permettre de lire les panneaux éloignés dans la rue. Le programme se déroulera sur trente sessions.

- Presbytie débutante : le programme est destiné aux presbytes ayant une réfraction maximale de 1,50 en VP ou une addition maximale de 1,50 (dans le cas de double-foyers ou progressifs). Le

programme permet une lecture plus aisée des petits caractères (journaux, écran d'ordinateur,...), une plus grande facilité pour la lecture des panneaux dans la rue (et sous faible luminosité) et une diminution (voire suppression) du besoin de port de lunettes pour la vision de près. Le programme sera suivi pendant trente sessions.

- Post chirurgie de la cataracte : de manière générale, le programme est destiné à toute personne ayant des gênes (halos, difficulté à apprécier les reliefs, besoin de plus de lumière pour lire,...) après une opération de la cataracte réussie sans complication. Le patient réalisera trente sessions. Les gains à la fin des sessions sont une lecture aisée des petits caractères (notices diverses, ingrédients sur des paquets de nourriture,...), une meilleure vision lors de la conduite (et surtout de nuit) et une diminution de la fatigue oculaire (notamment en regardant la télévision).

- Post chirurgie réfractive : dans le cas de patients ayant des troubles de la vision (halos, acuité limite en faible luminosité,...) ou de la fatigue visuelle (en regardant l'ordinateur,...), le programme peut être conseillé. L'opération, de préférence LASIK, ne devra pas être accompagnée de complications. Il consiste en trente sessions. Des améliorations auront lieu au niveau de la vision sous faible luminosité (conduite, panneaux dans la rue,...) et de l'acuité visuelle, et une diminution de l'éblouissement sera également ressentie (réduction des halos et des glares).

- Amblyopie : le programme sera proposé uniquement si l'acuité visuelle de l'œil amblyope est strictement supérieure à 2/10 avec compensation, il ne faudra pas un strabisme supérieur à 8 dioptries. Le déroulement du programme se fera sur quarante sessions. Le but de celui-ci est de permettre une lecture des sous-titres (télévision,...), une lecture plus aisée des panneaux dans la rue associée à une reconnaissance des visages dans la rue, une meilleure vision nocturne et une amélioration de la stéréoscopie.

- Supravision : ce programme particulier est destiné aux personnes ayant déjà une bonne acuité de loin (au minimum 9/10 en binoculaire et quelque soit le défaut réfractif), mais ayant des problèmes d'adaptation lumière/obscurité, une fatigue visuelle (travail sur ordinateur, conduite,...) ou tout simplement un métier ou un loisir nécessitant une excellente vision (chasse, pilotage,...). Le programme se fera sur quarante séances. Les résultats escomptés sont une amélioration de la vision en faible luminosité, une réduction de l'éblouissement et une vision plus fine des détails.

ii) Protocole clinique

Une fois que le patient a été "validé" par l'ophtalmologiste, un examen doit être fait par un orthoptiste afin de confirmer si le patient peut poursuivre le traitement. Pour cela, l'orthoptiste a à sa disposition un formulaire précis à remplir pour vérifier qu'aucun critère d'exclusion n'est présent.

Dans le cas d'une amblyopie, l'orthoptiste doit donner des conseils au patient en fonction de sa nature :

* Dans le cas d'une amblyopie unilatérale, le cache doit être placé devant l'œil "sain". Ce cache devra être un scotch semi-transparent et cet œil ne devra pas être fermé.

* Il n'y a pas de cache dans le cas d'une amblyopie bilatérale.

iii) Critères d'inclusion et d'exclusion

Pour permettre un résultat optimum, certains critères doivent être pris en compte :

- Seront exclus les patients diabétiques non équilibrés, les patients ayant une diplopie binoculaire, les patients épileptiques, les patients atteints de migraines chroniques, les femmes enceintes et les patients souffrant de troubles de l'attention et non soignés.

- Seront autorisés les patients âgés de plus de neuf ans, motivés et impliqués et sans aucune atteinte cognitive.

iv) Déroulement des séances

- Le patient, après avoir acheté le logiciel auprès d'un opticien agréé ou auprès de Revitalvision, réalisera trente ou quarante séances suivant le programme pendant trente minutes chacune. Ces séances devront être faites tous les deux jours (il faut essayer de faire les séances à la même heure). Toutes les dix séances, un bilan doit être fait par un ophtalmologiste ou un orthoptiste afin de s'assurer que, d'une part, le patient a bien compris le fonctionnement (tous les résultats étant directement transmis sur un serveur, il suffit pour le praticien de se connecter et de regarder la fiche du patient), et, d'autre part, afin de vérifier qu'aucune anomalie viendrait perturber la progression.
- Le patient, après avoir correctement installé et configuré son ordinateur et le logiciel (étalonnage de la luminosité et de la taille de l'écran,...), peut commencer sa séance. Chaque séance se déroule de la même manière, et doit être réalisée dans le noir, dans le calme et à une distance de 1,5 mètre de l'écran.
- Quatre exercices vont être proposés à la suite, à chaque fois il y aura deux affichages (symbolisés par un encadré blanc) et le patient devra répondre à l'aide de sa souris à la thématique du test (un clic sur le bouton gauche symbolise le premier affichage, un clic sur le bouton droit symbolise le second affichage). Les affichages sont rapides et le logiciel attend la réponse du patient avant de passer à la suite.

Ces quatre exercices sont :

* L'image unique qui consiste à projeter sur un des deux affichages une tache de Gabor. Le patient devra indiquer quel affichage possède cette tache.



* L'image triple qui consiste à projeter sur un des deux affichages une tache de Gabor de faible

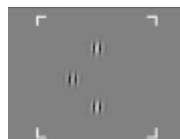
intensité entourée par deux autres taches plus contrastées (l'autre affichage ne possédant que deux taches avec un espace vide entre elles). Le patient devra indiquer quel affichage possède trois taches.



* L'image sombre qui consiste à projeter sur un des deux affichages une tache de Gabor plus sombre que celle projetée sur l'autre affichage. Le patient devra indiquer quel affichage possède la tache la plus sombre.



* L'image décalée est le seul exercice où il n'y a qu'un affichage. Le patient doit indiquer vers quelle direction la tache centrale est décalée.



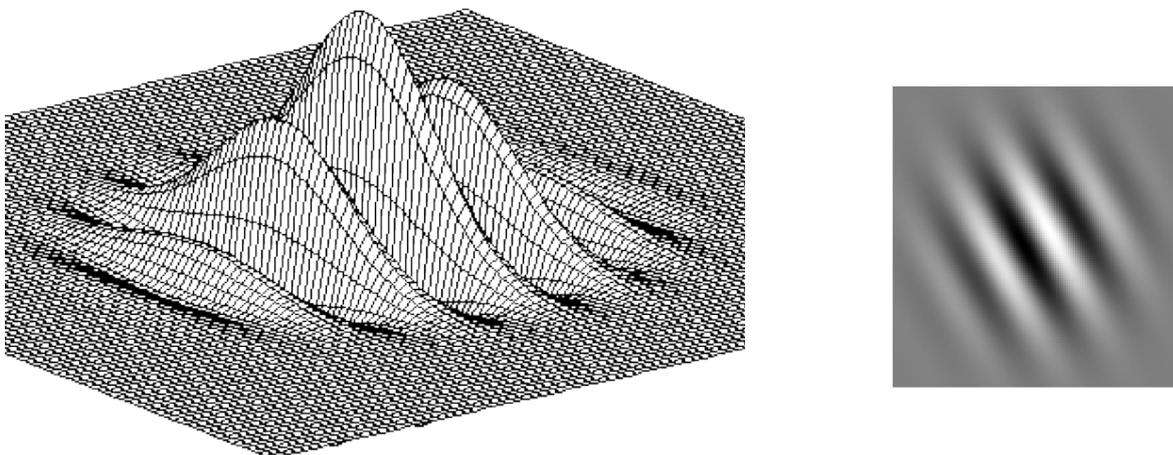
A la fin de tous ces exercices, un score est donné au patient sur cent. Ce score ne peut pas être parfait car le logiciel va toujours chercher l'erreur en poussant le patient dans ses retranchements. Ceci a pour effet de quantifier ses limites et ainsi de savoir quels seront les prochains exercices à réaliser.

A noter que lors de la première utilisation, le logiciel procède à un ensemble de calibrages pour connaître les directions préférentielles et les capacités pré-traitement du patient afin que le serveur, à l'aide d'un algorithme, puisse réaliser les exercices sur mesure.

v) Les taches de Gabor

Denis Gabor, né le 5 Juin 1900 à Budapest et mort le 8 Février 1979 à Londres, était un ingénieur et physicien hongrois. Il est connu pour l'invention de l'holographie pour laquelle il a reçu le prix Nobel de Physique de 1971.

Denis Gabor a aussi créé des fonctions spéciales et notamment le filtre de Gabor, qui est un filtre linéaire dont la réponse impulsionnelle (dans un processus transformant un signal d'entrée en un signal de sortie, les signaux électriques par exemple, la réponse impulsionnelle est la sortie qui est obtenue lorsque l'entrée est une impulsion, c'est-à-dire une variation soudaine et brève du signal) est une sinusoïde modulée par une fonction gaussienne. Le filtre de Gabor porte également le nom d'ondelette de Gabor ou tache de Gabor.



Les travaux de Gabor sont couramment utilisés dans les recherches sur le traitement du signal et de l'image et c'est la raison pour laquelle les taches utilisées dans le logiciel sont celles de Gabor : elles représentent au mieux les champs récepteurs des cellules simples au niveau de l'aire V1 du cortex visuel.

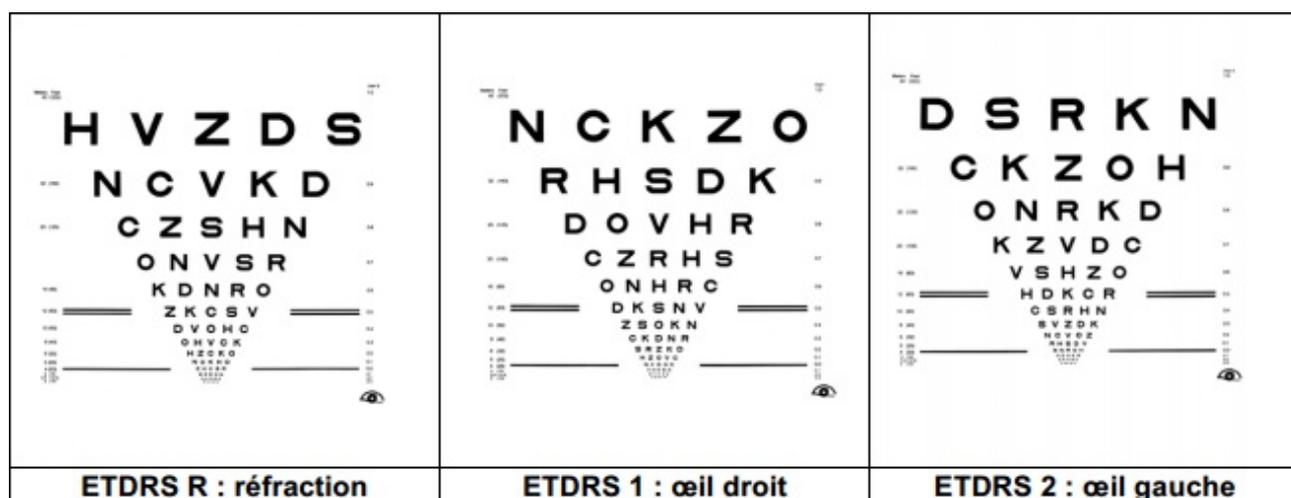
II) Protocole expérimental et étude de cas

Ce programme de rééducation étant très récent en France, le nombre de patients est très limité. Je vous présenterai ainsi des cas concrets de personnes de tout âge et suivant des programmes différents. Dans un premier temps, je vais expliquer comment les mesures d'acuité visuelle et de sensibilité au contraste se font, pour ensuite traiter les cas.

A) Les différentes prises de mesures

i) Mesure de l'acuité visuelle

En théorie, l'échelle préférée utilisée pour la prise d'acuité visuelle est l'échelle ETDRS (Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study). Cette échelle est particulière puisque, d'une part elle est normalement utilisée dans le cadre de la basse vision et plus particulièrement la DMLA, et d'autre part elle est constituée de trois planches différentes : une pour faire la réfraction, une pour l'œil droit et une pour l'œil gauche. Ces deux dernières servent uniquement à tester l'acuité visuelle.



Chaque échelle présente quatorze lignes de cinq lettres chacune. Les lettres de chaque ligne sont

plus hautes que celles de la ligne inférieure d'un coefficient constant (égal à 1,2589, racine cubique de 2). L'une des principales caractéristiques des échelles ETDRS est qu'une baisse d'acuité visuelle de trois lignes équivaut à un doublement de l'angle visuel, quelle que soit l'acuité visuelle d'origine.

La raison du choix de cette échelle comparée aux autres est la possibilité de mesurer un score d'acuité visuelle à la lettre près, particulièrement utile pour apprécier les gains ou les pertes d'acuité au cours du traitement.

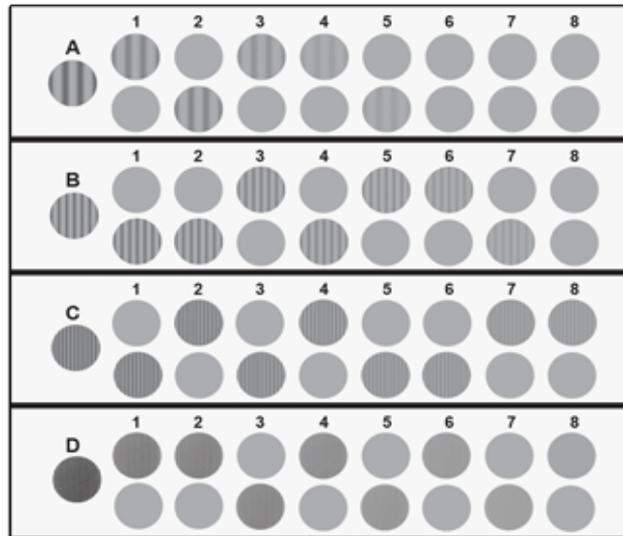
Dans le cas de RevitalVision, on prendra les acuités en monoculaire (les deux yeux étant parfaitement corrigés) à une distance de quatre mètres avec un éclairage ambiant réduit. Si le nombre de lettres lues à quatre mètres d'un œil est inférieur à vingt, le test se fera à un mètre sur les six premières lignes avec ajout de +0,75D à la correction utilisée à quatre mètres.

Le calcul de l'acuité visuelle est simple et fonctionne sur le principe du score. Sans aucune erreur de lecture, le score maximal (c'est-à-dire le nombre de lettres lues sans erreur) est de cinquante-cinq pour une acuité visuelle de 10/10. L'acuité peut être facilement convertie en LogMAR, chaque lettre lue correctement valant 0,02 et chaque ligne 0,1 unité LogMAR (sachant que 10/10 correspond à un LogMAR de zéro).

En pratique, l'utilisation de ce type de test est très fastidieuse, et impossible à réaliser en cabinet ophtalmologique. Ces mesures sont surtout prises d'une part dans le cadre d'études, et d'autre part dans des établissements le permettant.

ii) Mesure de la sensibilité au contraste

Cette mesure se fait à l'aide d'un SWCT (Side Wave Contrast Sensibility Test) qui se présente sous la forme suivante :



Ce test existe sous plusieurs formes. En effet, non seulement la fréquence spatiale varie, mais il existe aussi des tests avec des orientations différentes, dans le but de confirmer le gain de sensibilité au contraste dans des directions propres à chaque patient.

Le test de sensibilité au contraste, sur mon lieu de stage, se faisait dans un hôpital militaire (hôpital militaire Sainte-Anne) et cet établissement s'occupe des vérifications visuelles pour la Marine. Je n'ai malheureusement pas pu obtenir d'informations supplémentaires car ces tests sont confidentiels. Néanmoins, pour Revitalvision, ce test se fait à hauteur fixe et luminosité constante. Les mesures sont prises trois fois et surtout, pour tous les patients, au même moment de la journée.

iii) Échelles subjectives à travers un questionnaire

Il s'agit ici de faire participer le patient à un questionnaire comportant des phrases et des situations, dont environ la moitié sont posées de manière positive et l'autre partie de manière négative. Tout comme un questionnaire traditionnel, le patient doit répondre à chaque phrase en donnant un score (0% vision totalement floue / 100% vision totalement nette). Les questions portent sur la qualité

visuelle et permettent de découvrir des plaintes ou au contraire de constater la disparition d'autres.

iv) Fréquence des contrôles

Les contrôles se font toutes les dix séances chez l'ophtalmologiste, l'orthoptiste et/ou l'opticien. Les programmes basse vision et amblyopie sont assez particuliers puisqu'ils nécessitent un suivi bien plus rigoureux. En effet, dans le programme basse vision, il faut que le spécialiste commence la rééducation du patient malvoyant en développant des zones de suppléances ; et, dans le cas de l'amblyopie, il faut bien vérifier que le patient ne voie pas double suite aux exercices, ou inverse son amblyopie (l'œil masqué pendant les exercices devient amblyope). Il y a bien évidemment d'autres choses à vérifier pour les orthoptistes spécialisés en basse vision et c'est pourquoi les contrôles ne se feront que chez ces spécialistes, tout comme l'achat du logiciel.

Au milieu des séances, si le patient ne sent aucun bénéfice (subjectif à travers le confort comme objectif via le gain d'une ligne d'acuité), ou si des problèmes viennent s'ajouter, le patient aura la possibilité d'arrêter le traitement et se faire intégralement rembourser.

B) Quelques cas concrets

i) Post-chirurgie réfractive

- Patient A, 53 ans.

Consulte pour une opération au LASIK.

Raison de la visite : contrôle pré-opération chirurgie réfractive.

Examens préliminaires : ésoptropie VP de l'œil gauche, œil droit dominant.

Réfraction subjective :

OD +3.50 (+0.50 x 50) 10/10

OG + 4.25 (+1.00 x 70) 9/10

Revient quelques jours après son opération pour un contrôle post-opération.

Plainte principale : céphalées frontales le soir.

Acuités visuelles brutes :

VL : OD 7/10 ; OG 9/10

Réfraction objective :

OD -0.50 (+0.50 x 20)

OG -0.50 (+0.50 x 170)

Réfraction subjective :

OD -0.50 10/10

OG -0.50 10/10

→ il y a une inversion de la dominance (surtout visible sans correction) à cause d'une petite myopie résiduelle sur l'OD.

Le patient refuse de porter des lunettes, nous décidons de lui faire essayer des lentilles de contact : avec des lentilles ODG de -0.75, il y a une disparition des symptômes. Cependant, il voudrait à l'avenir ne plus porter de lentilles.

Il essaie le programme post-LASIK sans correction.

A partir de la onzième séance, il ne met plus les lentilles de contact.

Au bout du traitement (trente séances), les céphalées disparaissent totalement sans compensation.

Acuités visuelles brutes :

VL : OD 10/10 ; OG 10/10

VP : P2 en binoculaire

Réfraction objective :

OD -0.75 (+0.75 x 75)

OG -0.25 (+0.50 x 80)

Depuis, il ne porte pas de lunettes.

- Patient B, 64 ans.

Consulte en Novembre 2008 pour une opération au femtoseconde bilatérale.

Raison de la visite : contrôle pré-opération chirurgie réfractive.

Examens préliminaires : VB normale.

Réfraction subjective :

OD +2.00 (+1.75 x 160) 10 /10

OG +1.75 (+1.75 x 0) 12/10

Revient quelques jours après son opération pour un contrôle post-opération.

Plainte principale : aucune.

Examens préliminaires : VB normale.

Réfraction subjective :

OD -0.75 (+0.50 x 160) 10/10

OG Plan (+0.50 x 180) 12/10

Aucune compensation prescrite.

Consulte en Février 2009.

Plainte principale : gêné par la différence de correction résiduelle entre l'OD et l'OG.

Examens préliminaires : VB normale.

Réfraction subjective :

OD -0.25 (+0.50 x 165) 9/10

OG +0.25 (+0.75 x 5) 10/10

Prescription de lunettes de repos.

Consulte en Février 2011.

Plainte principale : sensation de baisse d'acuité de près avec OD douloureux.

Examens préliminaires : VB normale.

Réfraction subjective :

OD +0.75 (+0.50 x 180) 9/10

OG +1.25 (+1.00 x 180) 10/10 ; ODG ADD +2.00 P2

Prescription de progressifs.

Consulte en Juin 2013.

Plainte principale : baisse d'acuité de loin sans correction, surtout de l'OG.

Examens préliminaires : VB normale.

Acuités visuelles brutes :

VL : OD 7/10 ; OG 5/10

VP : ODG P14

Réfraction subjective :

OD +0.50 (+0.25 x 180) 9/10

OG +1.25 (+0.75 x 180) 10/10 ; ODG ADD +2.50 P2

Prescription de progressifs.

Le patient revient en 2014.

Plainte principale : fatigue visuelle (télévision et travail de près) avec sensation de halos (surtout lors de la conduite de nuit).

Le patient essaie le programme post-chirurgie réfractive :

Acuités visuelles brutes :

VL : OD 8/10 ; OG 6/10 ; ODG 10/10 ;

VP : ODG P3

Réfraction subjective :

OD +0.25 (+0.75 x 170) 10/10

OG +1.25 (+0.75 x 20) 10/10

Le patient ne sent plus de fatigue visuelle à la suite du programme, et les halos ont disparu. Il met ses lunettes que pour la télévision.

ii) Petite myopie

Patient C, 50 ans.

Consulte en Juillet 2012 pour un avis sur une chirurgie réfractive pour presbyLASIK.

Raison de la visite : contrôle pré-opération pour chirurgie réfractive.

Examens préliminaires : VB normale. OD dominant.

Réfraction subjective :

OD +2.00 (+0.25x 25) P2

OG +2.25 P2

Ne veut pas de lunettes, nous essayons des lentilles Night and Day OD +1.00 et OG +2.75.

Le patient décide finalement de se faire opérer en Décembre 2012.

Consulte en Janvier 2013.

Plainte principale : voit mal de loin mais bien de près.

Examens préliminaires : VB normale, patient instable et déprimé.

Acuités visuelles brutes :

VL : OD 3/10 ; OG 1.6/10

Réfraction subjective :

OD -1.25 (+0.75 x 50) 10/10

OG -1.25 (+0.25 X 80) 10/10

Avec des lentilles Night and Day de -1.00 ODG, le patient est soulagé mais ne souhaite plus à l'avenir porter des lentilles.

Le patient suit le programme petite myopie, et sans correction.

Lors du contrôle pour la dixième séance, le patient peut rester sans lentilles mais les remet pour des tâches précises (conduite de nuit, télévision,...).

A la fin du traitement, la vue est nettement plus confortable et le patient ne met plus ses lentilles.

Acuités visuelles brutes :

VL : OD 7/10 ; OG 4/10

Réfraction objective :

OD -0.25 (+1.00 x 15)

OG -0.75 (+0.50 x 140)

Réfraction subjective :

OD -1.00 10/10

OG -1.00 10/10

Consulte courant 2014.

Raison de la visite : contrôle de routine.

Plainte principale : un peu sensible aux éclairages.

Examens préliminaires : VB normale.

Acuités visuelles brutes :

VL : ODG 8/10

VP : ODG P2

Réfraction objective :

OD -0.75 (+0.75 x 80)

OG -0.75 (+0.75 x 105)

Réfraction subjective :

OD -0.50 10/10

OG -0.25 10/10

iii) Commentaires

Il est important de préciser que la réfraction ne change quasiment pas après le traitement : en effet, le principe étant d'améliorer la réponse corticale, le traitement n'est absolument pas invasif, et l'œil en tant qu'organe ne voit pas sa longueur axiale se modifier.

Le gain moyen "promis" par le programme est de 2/10 avec une sensibilité au contraste améliorée de 100 %. Les résultats perdurent dans le temps à hauteur de 85 % (tout comme, une fois qu'on a appris à faire du vélo, il nous faut quelques temps avant d'être à l'aise si on a arrêté d'en faire il y a très longtemps).

Dans les cas précédents, le gain moyen est d' 1/10 d'acuité (avec une exception à 3/10). Les plaintes ont disparu. Le gain en sensibilité au contraste s'exprime facilement sur le patient B avec ses halos disparus.

Bien que RevitalVision ait obtenu le marquage CE, aucune prise en charge de la sécurité sociale n'est possible (ni même sous forme d'aide exceptionnelle). De plus, comme le résultat ne peut être défini à l'avance, le fait de pouvoir se faire rembourser au milieu du traitement est d'autant plus rassurant car certains patients n'ont vu aucune différence entre avant et pendant celui-ci.

En participant à une soirée sur la présentation du programme à d'autres professionnels de santé (ophtalmologistes, orthoptistes et opticiens), une patiente est venue témoigner de son résultat assez intéressant : au bout de dix séances, la patiente a déjà gagné 1/10 d'acuité sur son œil amblyope (et en ésoptropie). Cette patiente a souligné la difficulté de la tâche : les exercices demandent beaucoup d'efforts, de concentration, de calme et de rigueur, ce qui peut en faire abandonner certains.

CONCLUSION

RevitalVision est le fruit de longues études qui ont commencé en Israël en 1999 avec comme pari fou d'améliorer la qualité de vision de patients aux attentes particulières. J'ai pu constater les effets bénéfiques sur les patients, qui conservent pendant très longtemps une grande partie de ce que le programme leur a apporté.

Même si les études sur la neurologie prennent leurs origines dans les traités médicaux de l'Égypte ancienne, il a fallu attendre le XXI^{ème} siècle pour avoir une approche de la neurovision. Le recul que nous avons et les connaissances ne sont pas encore suffisants, ce qui explique des résultats positifs malgré de fortes contre-indications, ou au contraire des échecs totaux alors que tout prêtait à la réussite.

RevitalVision est bel et bien un traitement, dans le but de soulager voire guérir certains symptômes, et qui remet en cause certaines règles, comme par exemple la règle de Swain : avec une correction de -0.50, on s'attend, en respectant la règle, à avoir une acuité proche de 5/10 et ici on se retrouve avec 8/10.

Je ne pense pas que la neurovision de manière générale puisse remplacer entièrement un système optique parfait. La plasticité cérébrale n'est pas la même pour toutes les personnes et tous les âges et nos connaissances actuelles ne sont pas suffisantes. En France, nous avons tendance à être un peu arriéré au niveau technologie, aussi les opticiens et même les ophtalmologistes n'ont pas à s'inquiéter d'une baisse de volume (patients et clients).

Pour conclure, j'ai été très heureux de pouvoir travailler sur ce logiciel qui m'a fait découvrir un aspect qui paraît en dehors du métier d'optométriste mais qui, je pense, est au contraire un complément. Avec une parfaite coopération ophtalmologistes/orthoptistes/optométristes, il est possible, à l'aide de la neurovision, de parfaire les résultats et de pouvoir répondre à certaines demandes et au désir de mieux voir, même pour les personnes avec une excellente vue de base.

BIBLIOGRAPHIE

- Daugman. Two-dimensional spectral analysis of cortical receptive field profiles.
- Durrie D S, Shaw McMinn P. Computer-based primary visual cortex training for treatment of low myopia and early presbyopia. *Trans Am Ophthalmol.*
- Gabor. Theory of Communication. *Journal of the Institute of Electrical Engineers.*
- Hubel & Wiesel. Receptive fields of single neurons in the cat's striate cortex. *J Physiol*
- Hubel, D. L'œil, le cerveau et la vision.
- Hubel, D., & Wiesel, T. Receptive fields, binocular interaction and fonctionnal architecture in two non-striate viual areas of the cat. *Journal of Physiology.*
- Hubel, D., & Wiesel, T. Receptive fields, and fonctionnal architecture of monkey striate cortex. *Journal of Physiology.*
- Kaarniranta K, Kontkanen M. Visual recovery of the amblyopic eye in an adult patient after loss of the dominant eye. *Acta Ophthalmol Scand.*
- Levi DM, Polat U. Neural plasticity in adults with amblyopia. *Proc Natl Acad Sci*
- Lim KL, Fam HB. NeuroVision treatment for low myopia following LASIK regression. *J Refract Surg.*
- Polat U, Sagi D. Lateral interactions between spatial channels: suppression and facilitation revealed by lateral masking experiments.
- Polat U, Sagi D. Spatial interactions in human vision: From near to far via experiencedependent cascades of connections.