

Université René Descartes

FACULTE DE MEDECINE COCHIN-PORT-ROYAL
CENTRE DE FORMATION CONTINUE

MEMOIRE

pour le

**DIPLOME D'UNIVERSITE
COMPENSATION DU HANDICAP
VISUEL**

TITRE

**PROPOSITION D'ANALYSE DE LA LECTURE CHEZ LE SUJET
PRESENTANT UNE DEGENERESCENCE MACULAIRE LIEE A
L'AGE A L'AIDE D'UN PHOTO-OCULOGAPHE.**

par

Nathalie CHEVALIER-PRIGENT

Directeurs du mémoire

**Monsieur le Professeur J.P. MENU
Madame Ch. de la PORTE des VAUX**

REMIS LE : 10 JANVIER 1996

TABLE DES MATIERES

AVANT PROPOS.....	2
INTRODUCTION.....	3
1. LES STRATEGIES VISUELLES DE LECTURE POUR UNE VISION NORMALE.....	4
1.1. Le temps perceptif.....	4
1.1.1.1. Les caractéristiques photométriques.....	5
1.1.1.2. Les caractéristiques colorimétriques.....	5
1.1.1.3. Les caractéristiques géométriques.....	5
1.1.1.4. Les caractéristiques temporelles.....	6
1.1.2. Support anatomophysiologique de la perception.....	6
1.1.2.1. L'organisation horizontale.....	6
1.1.2.2. L'organisation verticale.....	7
1.1.3. Les systèmes de traitements de l'information visuelle.....	9
1.1.3.1. Système traitant la perception des formes.....	9
1.1.3.2. Système traitant la perception du mouvement.....	9
1.1.3.3. Système traitant la perception des couleurs.....	10
1.1.3.4. Système traitant le sens spatial.....	10
1.2. Le temps moteur.....	11
1.2.1. Les saccades.....	11
1.2.1.1. Physiologie et déclenchement des saccades.....	11
1.2.1.2. Les saccades dans la lecture.....	12
1.2.2. Les fixations.....	13
1.3. Le temps cognitif.....	14
1.4. Les modèles impliquant l'organisation des stratégies.....	15
1.4.1. Théorie considérant une commande d'origine cognitive : théorie dite "descendante" (top down).....	15
1.4.2. Théorie considérant une activité motrice oculaire régie par une commande de bas niveau : théorie dite ascendante (bottom up).....	16
1.4.3. Théorie "combinée": ascendante et descendante.....	17

2. LES STRATEGIES VISUELLES DE LECTURE AVEC UNE DEGENERESCENCE MACULAIRE LIEE A L'AGE.	19
2.1. Les perturbations du temps perceptif.....	19
2.1.1 Approche anatomophysiologique de la perception dans le cadre d'une DMLA.....	19
2.1.2 Réponse des systèmes de traitements de l'information visuelle.....	20
2.1.2.1 La perception des formes.....	20
2.1.2.2 La perception du mouvement.....	20
2.1.2.3 La perception des couleurs.	20
2.1.2.4 Le sens spatial.	21
2.2. Le comportement oculomoteur chez un sujet ayant une DMLA grave.....	22
2.2.1 Les saccades.....	22
2.2.2 Les fixations.	23
2.3. Adaptation cognitive.....	24
3. TENTATIVE D'ANALYSE DE LA LECTURE À L'AIDE D'UN PHOTO-OCULOMETRE.	26
3.1. La photo-oculographie.....	26
3.1.1 Son principe.....	26
3.1.2 Le photo-oculomètre.	26
3.1.2.1 Le système optique.	26
3.1.2.2 La caméra et le moniteur vidéo de contrôle	28
3.1.2.3 L'ordinateur de commande.....	28
3.1.2.4 Le clavier.....	28
3.1.2.5 L'imprimante couleur.	28
3.2. Stratégie du regard pour l'analyse de la lecture.....	29
3.2.1 Le matériel de projection.....	29
3.2.2 Les tests utilisés.	29
3.3. Réalisation d'un examen de stratégie du regard pour l'analyse de la lecture.....	31
3.3.1 Installation du sujet.....	31
3.3.2 Réglages de la caméra.....	31
3.3.3 Calibration de la direction du regard.....	31
3.3.4 Présentation des tests et enregistrement.	31
3.4 Méthode d'analyse des résultats de stratégie du regard appliqué à la lecture chez un sujet normal.....	32
CONCLUSION	34
BIBLIOGRAPHIE	35

AVANT PROPOS

Le travail présenté ici est réalisé dans le cadre du Diplôme Universitaire de Compensation du Handicap Visuel.

Cette formation impose la rédaction et la soutenance d'un mémoire sur un thème choisi par le candidat et validé par l'équipe enseignante.

L'enseignement prodigué lors de ce diplôme permet une meilleure approche de la malvoyance, par la connaissance des données nouvelles en ergonomie et en neurophysiologie constituant la base de ces techniques évaluatives et rééducatives inculquées. Son but est de mieux cerner les possibilités de compensation de chaque patient, lui restituant ainsi une autonomie et de ce fait, lui permettant une réinsertion ou un maintien dans la société.

La lecture, représentant un mode d'échange privilégié dans la société, son étude est apparue d'un intérêt majeur.

INTRODUCTION

La lecture est un élément essentiel à l'intégration et à l'autonomie sociale. Elle constitue de ce fait, l'un des premiers sujets de plainte des personnes présentant une dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) grave bilatérale.

Afin de mieux comprendre les perturbations ou impossibilités de lecture décrites par cette population, l'étude ici menée s'attache dans un premier temps à redéfinir les mécanismes visuels de lecture dans le cadre d'une vision normale.

A la lumière de cette première partie, une tentative de description des modifications de ces mécanismes dans les DMLA graves bilatérales est réalisée dans la deuxième partie.

Face aux difficultés d'évaluation quantitative et qualitative fonctionnelle des mécanismes visuels, la troisième partie présente une technique d'enregistrement et d'analyse des stratégies du regard pouvant être utilisée pour la lecture.

1. LES STRATEGIES VISUELLES DE LECTURE POUR UNE VISION NORMALE.

Alors que la lecture apparaît comme une action courante qui de prime abord est ressentie comme un déplacement harmonieusement lisse de nos yeux sur un texte, la réalisation en est toute autre.

En fait, l'action de lire résulte de la découverte oculomotrice qui est réalisée grâce à la perception même du texte, avant d'être décodée par le cerveau.

Trois temps ou phases peuvent ainsi être identifiés : une phase perceptive, une phase oculomotrice et une phase cognitive (1).

L'ordre même de ces étapes et leurs contenus sont discutables et discutés, comme le montre la littérature.

1.1. Le temps perceptif

Le ressenti perceptif d'une image, d'une scène ou encore d'un texte, résulte de l'interaction et de la complémentarité de différentes notions.

Il n'existe pas de définition simple et unique.

Ainsi, il importe de considérer la dimension psychologique du support perceptif, le contexte écologique, et ce que l'on appelle la "structure du stimulus visuel" (2).

Pour aborder ce dernier point de vue, une reprise des paramètres caractérisant un stimulus est indispensable à la bonne compréhension de leurs impacts sur la rétine.

Alors seulement deviennent cohérentes les analyses sélectives de la perception visuelle conduisant à une approche globale de l'espace environnant.

1.1.1. Les caractéristiques d'un stimulus.

Un stimulus visuel se définit par quatre types de caractéristiques: les caractéristiques photométriques, celles colorimétriques, les paramètres géométriques (ou spatiaux) et ceux temporels (3) (4).

1.1.1.1. Les caractéristiques photométriques.

Le sujet de la photométrie est un domaine complexe.

La photométrie est du domaine du physiologiste car la lumière n'a pas d'existence physique; c'est une sensation et elle n'existe que par le récepteur oculaire, c'est-à-dire parce qu'on la voit. Elle est définie par diverses définitions.

D'un point de vue pratique, on définit l'intensité lumineuse d'une source (exprimée en candela) ou encore la luminance qui est l'expression de l'effet visuel créé par le flux lumineux. La luminance se mesure en candela par m² (cd/m²).

1.1.1.2. Les caractéristiques colorimétriques.

La couleur correspond à la longueur d'onde de la stimulation. Le spectre visible fait partie de l'ensemble des radiations électromagnétiques qui entoure la terre. Les radiations visibles qui s'étendent de 380 nanomètres à 770 nanomètres (ce qui correspond au domaine de sensibilité du récepteur sélectif qu'est le récepteur oculaire) ne représente qu'une toute petite frange de l'ensemble des radiations allant des ondes électriques aux rayons cosmiques (5).

Dans le cas de source polychromatique on s'intéresse à la décomposition spectrale.

1.1.1.3. Les caractéristiques géométriques.

La géométrie d'un stimulus correspond aux angles spécifiant les dimensions de l'image du stimulus obtenue sur la rétine. Cette géométrie est caractérisée par le champ couvert par le stimulus et pour les tests structurés, par la taille du motif élémentaire.

En stimulation structurée, telle que des caractères d'écriture, l'image projetée sur la rétine est également fonction de la distance d'observation et de l'endroit où regarde le patient (en tenant compte de la réfraction de celui-ci).

La fréquence spatiale d'un stimulus est exprimée en nombre de périodes ou cycles du stimulus par degré d'angle.

1.1.1.4. Les caractéristiques temporelles.

Les paramètres temporels sont déterminés par la durée de présentation du stimulus ou encore sa période.

La fréquence temporelle du stimulus définit le nombre d'événements stimulants par seconde.

1.1.2. Support anatomophysiologique de la perception.

La perception visuelle est basée sur la structure de la rétine et des voies optiques.

Le niveau rétinien constitue le point de départ du codage de l'information visuelle.

Cependant il faut considérer deux organisations architecturales de la rétine, l'une verticale et l'autre horizontale.

1.1.2.1. L'organisation horizontale.

Sur le plan anatomique, on identifie deux types de cellules sensorielles: les cônes et les bâtonnets (cf. figure n°1), dont les caractéristiques fonctionnelles sont très différentes.

Il existe environ 130 millions de bâtonnets et 6,5 millions de cônes (6).

Sur la périphérie, l'essentiel des cellules sensorielles est constitué de bâtonnets. A l'inverse, la macula ne comporte que des cônes.

D'une façon schématique, la répartition de ces deux types de cellules peut autoriser l'attribution des fonctions respectives des cônes et des bâtonnets aux rétines maculaires et périphériques.

Sur le plan fonctionnel, les bâtonnets (vision périphérique) sont des cellules dont la mise en jeu ne nécessite qu'un apport lumineux infime. Il faut à un cône une intensité cent fois plus forte pour obtenir le même résultat.

Cette caractéristique explique l'exigence en luminosité des cônes qui ne fonctionnent convenablement qu'en ambiance photopique, c'est-à-dire avec un fort éclairage.

A l'inverse, les bâtonnets se contentent d'une luminosité très faible, et ils sont donc seuls fonctionnels dans la pénombre (ambiance mésopique) et surtout dans l'obscurité (ambiance scotopique).

Si le seuil de détection des bâtonnets est supérieur à celui des cônes, il en va différemment de leur vitesse de réaction : la réponse d'un cône est quatre fois plus rapide que celle d'un bâtonnet.

Les bâtonnets signalent par conséquent lentement de faibles variations de luminosité, lorsque celle-ci est basse, alors que les cônes, pour peu que la luminosité soit forte, signalent très rapidement les changements brutaux d'intensité lumineuse, ou les déplacements rapides d'objets.

Les cônes ont une sensibilité maximum à 440 nanomètres pour le composant bleu, 530 nanomètres pour le composant vert et 570 nanomètres pour le rouge. Cette répartition s'explique par le fait que chaque cône possède l'un des trois pigments de manière essentielle et quasiment exclusive. La complémentarité de ces trois populations de cônes justifie la notion trichromatique de la vision.

Les bâtonnets, quant à eux, ne participent pas à la vision colorée.

1.1.2.2. L'organisation verticale.

Chaque cellule sensorielle établit un contact avec une cellule bipolaire, elle-même en relation avec une cellule ganglionnaire (cf. figure n°1). La cellule ganglionnaire est donc le point de convergence d'un certain nombre de cellules sensorielles : l'aire rétinienne ainsi définie est qualifiée de champ récepteur de cette cellule (7). En rétine centrale, chaque cellule ganglionnaire est en relation avec un très petit nombre de cônes, voire avec un seul : le champ récepteur est donc très étroit.

En périphérie il est plus étendu du fait de la convergence de nombreux bâtonnets. Cette organisation convergente donne moins de précision spatiale à l'information transmise vers le système nerveux central, mais assure une détection à un seuil de luminosité d'autant plus bas : la surface de bâtonnets connectés à la même cellule ganglionnaire a en effet beaucoup plus de chances de recevoir le nombre de photons nécessaire au déclenchement de l'influx.

Ces caractéristiques, ajoutées à la sensibilité très différente des cônes et des bâtonnets, rendent compte de la spécialisation des bâtonnets dans la détection grossière de seuils lumineux très bas, et des cônes dans la perception discriminative, en forte luminosité.

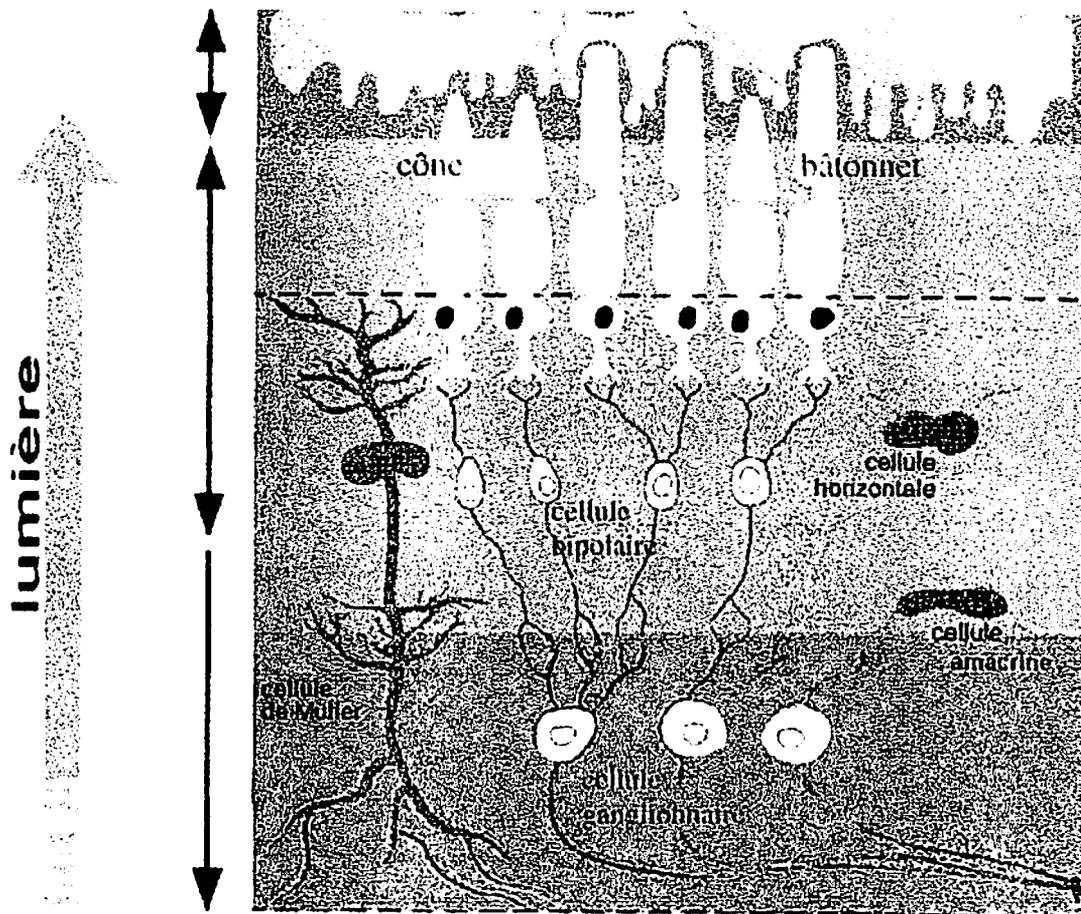


Figure n°1 : coupe rétinienne (modifiée d'après COULON)

1.1.3. Les systèmes de traitements de l'information visuelle.

En conséquence de l'organisation anatomophysiologique répondant au stimulus caractérisé par les différents paramètres décrits, la perception visuelle peut être décomposée en quatre systèmes de traitements : un système traitant la perception des formes, un système traitant les couleurs, un système traitant les mouvements, un système traitant la localisation et l'organisation spatiale (8) (9).

1.1.3.1. Système traitant la perception des formes.

L'approche la plus fréquemment évoquée dans ce domaine est celle concernant la détermination de l'acuité visuelle. Même si sa mesure reste une référence dans la pratique quotidienne et pour la classification de la malvoyance et de la cécité, cette étude ne couvre cependant pas l'étendue totale des possibilités discriminatives du système visuel.

Comme le montre la description anatomophysiologique de la rétine, le regroupement des cellules rétinienne entraîne un fonctionnement selon des champs récepteurs. Leur différence de position (périphérique ou centrale), leur octroie des sensibilités différentes.

Ainsi, les champs récepteurs traitant les hautes fréquences spatiales et les détails fins (comme par exemple une miette de pain ou une lettre d'un texte en vision de près, ...) sont situés au centre de la rétine et concernent donc la vision centrale.

Les champs récepteurs s'éloignant de cette zone traitent progressivement des moyennes fréquences spatiales (comme par exemple une voiture, une armoire, ...) jusqu'aux basses fréquences spatiales ne permettant pas une perception précise, mais une évaluation sommaire, telle que le contour d'un espace ou d'un objet.

Ces remarques mettent en évidence le besoin d'augmentation de la taille des stimulus présentés dans le cas d'atteinte de la rétine centrale.

1.1.3.2. Système traitant la perception du mouvement.

La perception du mouvement relève de deux éléments qui doivent être combinés avec précision : la vision spatiale et la vision temporelle.

Il est donc essentiel, là encore, de différencier la vision centrale (située au niveau de la macula) et la vision périphérique.

En effet, la vision centrale ne traite pas du mouvement d'un stimulus mais des positions de départ et d'arrivée de la cible considérée.

En contrepartie, l'étendue plus vaste des champs récepteurs pour la vision périphérique entraîne une possibilité d'intégration des mouvements.

La vision périphérique est par conséquent le système d'analyse de la mobilité et de ce fait, l'analyseur de l'espace et du déplacement.

Dans le cadre de la lecture d'un texte fixe, la vision du mouvement n'est pas sollicitée.

1.1.3.3. Système traitant la perception des couleurs.

Si l'on reprend le schéma de la densité des cellules photo-réceptrices (cônes, bâtonnets), la vision colorée serait l'apanage de la vision centrale. Cependant, il faut induire une restriction au monopole de localisation centrale des cônes. En effet, si ceux-ci sont principalement présents au niveau de la macula (qui comporte en son centre la fovéa), ils sont également existants bien qu'en densité décroissante en périphérie.

Ainsi, de la même manière que pour l'acuité visuelle, c'est en vision centrale que sera obtenue la meilleure vision colorée, celle-ci, se dégradant avec l'excentricité rétinienne.

Ceci explique un besoin accru de saturation des couleurs en cas d'atteinte de la vision centrale.

1.1.3.4. Système traitant le sens spatial.

Il est plus du ressort de la locomotion puisqu'il permet la perception de l'espace environnant.

Le sens spatial n'est pas l'unique résultat du domaine visuel, mais la représentation mentale ou le résultat de facteurs neurophysiologiques issus des autres sens tels que l'audition, la proprioception ou le système vestibulaire.

1.2. Le temps moteur.

Si le temps perceptif constitue un temps essentiel lors de la lecture, la perception d'un support visuel, tel qu'un texte, est aliénée au déplacement du regard sur le support.

De nombreuses études des mouvements oculaires par enregistrement de ceux-ci ont montré qu'au cours de la lecture d'un texte les yeux présentent une double activité motrice (1) (10).

Cette activité se compose de mouvements brefs : les saccades, et de pauses : les fixations.

1.2.1. Les saccades.

Même si le cadre d'intérêt des saccades est ici la lecture, il est cependant indispensable de reprendre la physiologie de ces mouvements dans un contexte plus large puisque celle-ci reste immuable quelles que soient les circonstances de réalisation.

En effet, que leur déclenchement soit d'origine volontaire, automatique ou réflexe, la morphologie des saccades reste absolument identique.

Il s'agit d'un mouvement rapide, balistique pendant lequel les deux yeux sautent d'un point à un autre. Ce mouvement s'accompagne d'une éclipse visuelle.

1.2.1.1. Physiologie et déclenchement des saccades.

Ainsi, la morphologie des saccades est indépendante du mode d'initiation du mouvement et échappe au contrôle volontaire (11).

La latence moyenne d'une saccade est d'environ 200 ms, celle-ci étant le seul paramètre pouvant varier quelque peu.

La vitesse d'une saccade est considérable puisqu'elle peut atteindre 700°/s. Cette dernière est liée à l'amplitude du mouvement réalisé puisqu'elle croît parallèlement à celle-ci.

La durée du mouvement est directement dépendante de son amplitude.

L'amplitude maximum considérée correspond à la totalité du champ de déplacement du regard. Cependant, dans 80% des cas, elle se situe aux alentours de 15° (7). Au-delà de cette ordre de grandeur, le mouvement est souvent effectué par plusieurs saccades successives, séparées par une courte pause.

Le déclenchement d'une saccade est la conséquence de l'apparition d'un stimulus en périphérie rétinienne (attraction visuelle). La saccade est alors un moyen de correction de positionnement rétinien afin d'obtenir une meilleure vision du stimulus par la macula. Le contrôle volontaire est infime ou inexistant. La volonté n'intervient alors que dans le choix de la cible et dans le déclenchement de la saccade.

De cette façon, les saccades volontaires, provoquées en donnant au sujet l'ordre de déplacer ses yeux dans une direction donnée sans cible visuelle, n'existent que dans la cas d'études en laboratoire.

Au cours de sa réalisation, aucun paramètre caractérisant la saccade (tel que sa direction, son amplitude, sa vitesse) ne peut être modifié. Ses caractéristiques sont établies avant son déclenchement. La correction ne peut se produire qu'à l'issue du mouvement, lors de la pause suivant immédiatement la saccade, et ce au moyen d'une autre saccade. L'intervalle séparant les deux saccades est alors d'environ 100 ms.

1.2.1.2. Les saccades dans la lecture.

Lors de la lecture, les saccades observées sont de trois types : saccades de progression, saccades de rappel, saccades de régression. Les caractéristiques décrites par la suite sont à restituer dans le cadre d'une lecture d'un texte se décryptant de gauche à droite. Chacune d'elle présente un intérêt différent pour l'activité.

Les plus fréquemment rencontrées sont dirigées de gauche à droite et d'une amplitude moyenne de 7 caractères, ce sont les saccades de progression. En effet, leur rôle est de permettre une avancée dans la découverte du texte.

Lors des retours à la ligne, les yeux effectuent des saccades de rappel. Elles représentent un mouvement ample dirigé de droite à gauche.

Les saccades de régression ou régressives permettent un retour en arrière afin de mieux déchiffrer un mot ou une portion de texte déjà lue. Elles sont de faible amplitude (2 ou 3 caractères en moyenne) et dirigées de droite à gauche. La proportion des régressions dépend beaucoup de la difficulté du texte. Dans une lecture rapide d'un texte facile, on n'observe pas plus de 10 ou 20% de saccades de régression. Si la lecture est plus difficile ou le lecteur plus attentif, la quantité s'accroît. Selon les études psycholinguistiques, les saccades régressives visent à lever une ambiguïté syntaxique et/ou sémantique. Il ne faut pas omettre de parler des microsaccades, presque imperceptibles, visant à maintenir précisément le stimulus fixé en position centrale c'est-à-dire au niveau de la fovéa (zone centrale de la macula).

Le but commun de ces différents types de saccades reste la centration du stimulus à discriminer.

Le schéma d'organisation rétinienne est là encore à la base de ces mouvements puisque ceux-ci sont générés par une attraction visuelle périphérique d'un stimulus induisant un déplacement de l'image de ce dernier vers une zone discriminative qu'est la rétine centrale ou macula.

1.2.2. Les fixations.

Les pauses réalisées entre les saccades constituent en fait 90% du temps passé à une lecture, les saccades représentant les 10% restants (12). Chacune des fixations effectuée a une durée comprise entre une centaine de millisecondes et quatre à cinq cents millisecondes (en comparaison des quelques dizaines de millisecondes pour une saccade).

Dans une lecture normale, la durée moyenne des fixations peut s'établir aux environs de deux cents, deux cent cinquante ou trois cents millisecondes.

Pour une lecture plus attentive ou plus difficile, la durée moyenne peut atteindre environ quatre cents millisecondes.

La durée des fixations est variable. En outre, leur positionnement est variable comme il est possible de le constater lors de la comparaison d'une première lecture avec une relecture ou encore en procédant à la confrontation des trajets oculomoteurs réalisés lors de la lecture d'un même texte par deux sujets différents. Certains mots sont fixés, tandis que d'autres sont sautés. Différentes études(13) (14), reposant sur la mesure de l'influence des caractéristiques linguistiques des mots sur le mode d'exploration oculaire adopté sur et autour des mots, montrent par exemple, une concentration de fixations successives et/ou un allongement de leur durée sur un mot lorsque celui-ci est peu fréquent dans la langue et/ou lorsqu'il est peu prédictible à partir du contexte linguistique formé par les mots et phrases lus antérieurement (10).

Le traitement des mots et phrases rencontrés affecte principalement le nombre et la durée des fixations effectuées sur les mots.

1.3. Le temps cognitif.

Le cheminement cognitif suscite des recherches et pose des questionnements à propos de son impact dans l'appréhension visuelle d'un stimulus quel qu'il soit.

D'un point de vue purement visuel, le traitement cognitif des informations est réalisé dans les centres supérieurs. La première étape ayant été réalisée par la rétine, c'est ensuite vers les systèmes rétino-géniculo strié et rétino-tectal que sont véhiculées sélectivement les données visuelles afin d'aboutir aux aires corticales occipitales, temporales et pariéto-temporales ayant chacune leur fonction d'analyse spécifique. Ainsi, les orientations et les formes sont analysées au niveau du cortex occipital, tandis que le traitement de la couleur, du mouvement et de la localisation spatiale est intégré au niveau du cortex temporal et pariéto-temporal. Le morcellement de l'image implique l'existence de structures permettant la recombinaison des fragments en une unité afin d'obtenir une représentation mentale. C'est grâce à la confrontation de la représentation mentale obtenue avec le patrimoine d'informations en mémoire que le sujet parvient à la reconnaissance d'un objet ou d'une situation.

Si le sens visuel est primordial dans cette analyse, il faut cependant souligner l'intervention conjuguée des autres sens tels que l'audition ou la proprioception.

La représentation mentale est multi-sensorielle.

Sur le plan psychologique (15), les auteurs s'accordent à dire que le cognitif relève de beaucoup de paramètres individuels tels que le milieu culturel, social, de l'âge du sujet considéré, ...

Dans le cadre de la lecture, le stimulus lui-même fait intervenir sa difficulté intrinsèque d'abord comme contenu lexical, ensuite comme structure grammaticale. D'autre part, l'aisance même du lecteur est essentielle, ainsi l'attitude du sujet lisant est modifiée par la langue dans laquelle le texte est écrit, ainsi que par la tâche réalisée lors de la lecture telle que la correction du texte, la prise de connaissance attentive, ou encore le déchiffrement automatique sans marque d'intérêt ou encore le vague parcours inattentif.

Cette variabilité des composantes du comportement de lecture suscite diverses théories cherchant à expliquer leur organisation.

Ainsi plusieurs modèles d'organisation des stratégies sont en présence.

1.4. Les modèles impliquant l'organisation des stratégies.

Depuis un siècle, deux théories mettent en rivalité le modèle même de commande de ces mouvements. Ainsi, certains auteurs confèrent la commande des stratégies d'exploration à des informations cognitives, tandis que d'autres considèrent que les informations se situent dans le stimulus, sans la moindre considération cognitive (16).

1.4.1. Théorie considérant une commande d'origine cognitive : théorie dite "descendante" (top down).

Des recherches ont montré que les caractéristiques des mouvements oculaires lors de la lecture sont variables en fonction de l'activité cognitive du sujet (17). Ainsi, selon cette théorie, la morphologie des fixations et des saccades est pilotée par des facteurs cognitifs tels que la connaissance des mots rencontrés, l'intérêt du texte lu, etc...

Si cette hypothèse est intéressante, il reste néanmoins à définir les règles régissant ce pilotage.

Dès les années 50, A.L. YARBUS (18), à l'Académie des sciences de Moscou, a été un pionnier dans cet axe de recherche, bientôt suivi par des confrères européens et américains.

Des expériences successives, tant dans le domaine de la lecture que dans l'exploration d'une scène (MACKWORTH, MORANDI, LOFTUS 19 et 20), ont montré que ce sont les éléments jugés les plus "informatifs" qui vont engendrer le plus de fixations oculaires. Dans le cas évoqué, la notion de contenu "informatif" ne fait pas référence à une propriété du stimulus lui-même.

De la même façon, YARBUS a montré que l'activité motrice oculaire est étroitement liée à la tâche induite.

Suivant le précepte de suprématie de la commande cognitive aux mouvements des yeux effectués pour la découverte de formes ni trop simples ni bien connues (comme peut l'être également un texte nouveau), NOTON et STARCK (21) ont émis la théorie d'un parcours réalisé par des séquences de mouvements bien établis. Selon eux, cette régularité est à la base de la découverte et permet la reconnaissance du stimulus.

Leurs études ont retenu la réalisation d'un parcours oculaire caractéristique, tout en soulignant qu'il est différent pour chaque forme selon le sujet et pour chaque sujet selon la forme. De plus, ce type de trajet est retrouvé aussi bien lors de la phase de reconnaissance que lors de la phase d'apprentissage.

Cette remarque permet de déduire deux intérêts distincts.

Le premier est de déplacer la fovéa d'un point pertinent à un autre, le second est de permettre l'application de la mémorisation (et par là même la reconnaissance) de la forme présentée, cette mémorisation étant aliénée à la démarche oculomotrice appliquée.

En 1974, STARCK et ELLIS ont objectivé la réalisation de "parcours oculomoteurs" reproductibles mais diversifiés lors de l'exploration d'images fragmentées pouvant simuler différentes représentations (16). La démarche fait alors appel à des modèles cognitifs préexistants.

Toutes ces études appuient l'hypothèse de commande cognitive des mouvements oculaires réalisés. Les fixations et saccades sont conditionnés par des modèles cognitifs pouvant se succéder et s'intersubstituer en cas de doute pour la reconnaissance.

Ce modèle conçoit trois étapes ou états successifs.

Le premier moment consiste en une découverte oculomotrice du stimulus sans reconnaissance de celui-ci. La démarche peut alors se référer à divers modèles cognitifs.

L'étape suivante est une perception globale du stimulus engendrée par la consultation de la propre carte cognitive du sujet observateur.

Le troisième temps découle directement des deux précédents puisque le sujet réalise alors des mouvements oculaires organisés selon les références mêmes des représentations cognitives adéquates.

1.4.2. Théorie considérant une activité motrice oculaire régie par une commande de bas niveau : théorie dite ascendante (bottom up).

Contemporaine de la première théorie, une seconde y est totalement opposée.

Selon ce modèle, les mouvements oculaires seraient les éléments premiers à l'accession cognitive qui ne serait alors que le décodeur et l'analyste permettant l'intégration et l'organisation des informations visuelles transmises par les voies visuelles.

Cette théorie a été proposée dès le début du siècle par HUEY en 1908 comme le rapporte F. VITU (12) et reprise en 1990 par O'REGAN. Selon ces hypothèses, les mouvements des yeux suivent un rythme prédéterminé. La seule possibilité de variabilité de l'amplitude des saccades et de la durée des fixations est l'adaptation des stratégies d'exploration selon des informations visuelles de bas niveau telles que la longueur des mots rencontrés au cours de l'exploration et les positions successives des yeux dans le texte.

Cette approche dans le cadre de la lecture est corroborée par des études dont le support est constitué de formes. Selon ces recherches, divers paramètres liés au stimulus entrent en jeu.

FINDLAY (22) montre ainsi dans une étude de réponse oculomotrice à la présentation de spots dans différentes positions excentrées que le parcours du regard subit ce que l'on appelle l'effet global. Celui-ci, également décrit dans les expériences de COREN et HOENIG (23) est totalement généré par les caractéristiques du stimulus

Dans une autre communication, FINDLAY(24) présente l'influence de facteurs spatiaux et temporels dans la production des mouvements oculaires saccadiques suivant ainsi les conclusions de BECKER (25) présentées en 1976 et en 1979 avec JURGENS (26).

Des points attractifs dans une image fixe sont également décrits. Pour ATTNEAVE (27), les zones les plus attractives sont celles de forte courbure, pour BERLYNE (28) ce sont les contours irréguliers qui attirent le plus, alors que MICHELS et ZUSNE (29 et 30) expose l'attraction créée par les angles plutôt que par les lignes droites.

1.4.3. Théorie "combinée": ascendante et descendante.

LEVY-SCHOEN ET O'REGAN (10) ou encore VITU (12) associent ces deux théories pour obtenir une complémentarité de chacune.

De cette manière, les divers types d'influences pouvant rendre compte de la variabilité du comportement oculaire pendant la lecture sont considérés.

Ainsi, une étude récente de VITU, O'REGAN ET INHOFF (31) montre que les mouvements des yeux subissent principalement des contraintes visuo-motrices de programmation des saccades, voire de stratégies oculomotrices d'exploration prédéterminées. Ceci exprime une indépendance par rapport aux caractéristiques linguistiques du mot fixé. C'est uniquement lors de la fixation prolongée d'un mot que les paramètres linguistiques du mot suivant entrent en jeu dans la détermination de l'amplitude de la saccade suivante.

Ce type de théorie mixte exprime donc mieux la réalité des paramètres de commande des mouvement oculaires pour la lecture puisqu'elle considère à la fois le temps purement moteur ainsi que l'influence cognitive qui fait référence à un domaine beaucoup plus vaste que le "simple" niveau visuel, puisqu'il faut alors considérer l'influence psychologique, sociale, etc...

2. LES STRATEGIES VISUELLES DE LECTURE AVEC UNE DEGENERESCENCE MACULAIRE LIEE A L'AGE.

Compte tenu du vieillissement de la population lié à l'allongement de l'espérance de vie, les sociétés industrialisées sont confrontées à un accroissement de leur population déficiente visuelle. La première étiologie en est la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) (32).

En France, la population présentant une DMLA est estimée à environ 800 000 personnes (tous degrés de gravité confondus). Les DMLA graves, provoquant une déficience visuelle avec une acuité visuelle de environ 1/20e, sont des cas de lésion bilatérale. Ainsi, en considérant la population totale atteinte recensée, 2% de ces dégénérescences graves concernent des sujets de 50 à 65 ans, 10% de 65 à 75 ans et 30% de 75 à 85 ans.

Pour les formes cliniques de DMLA graves, l'atteinte se caractérise par une perte de la vision centrale, ce qui engendre des perturbations perceptives, motrices et très certainement cognitives.

2.1. Les perturbations du temps perceptif.

De la même façon que pour un sujet ne présentant pas de perturbation de la fonction visuelle, le sujet présentant une DMLA procède à un cheminement perceptif dont certains éléments sont modifiés alors que d'autres restent inchangés.

2.1.1 Approche anatomophysiologique de la perception dans le cadre d'une DMLA.

La perception visuelle d'un stimulus est basée sur l'organisation de la rétine, aussi, dans le cas d'une DMLA le cheminement de l'information visuelle est modifié dès le départ puisqu'une partie du support rétinien ne réagit plus à la stimulation (32).

Ainsi, les organisations horizontales et verticales de fonctionnement des cellules sont rompues, la macula constituée de cônes est détruite.

De cette façon, la perception est plus grossière puisqu'elle fait appel aux champs récepteurs para-maculaires et périphériques dont l'étendue plus large induit une moins bonne précision à l'information transmise vers le système nerveux central.

2.1.2 Réponse des systèmes de traitements de l'information visuelle.

C'est au sujet de la perte de qualité de discrimination que vont se situer les plaintes du sujet puisque les réponses de ces systèmes construisent le ressenti visuel des perturbations rétiniennes. Ces systèmes vont donc traduire les perturbations de la perception de certaines caractéristiques du stimulus.

2.1.2.1 La perception des formes.

La répercussion la plus communément exprimée par les personnes présentant une DMLA et la mieux reconnue est la modification de l'acuité visuelle, reflétant précisément la perte de vision centrale. Cette perte d'acuité visuelle peut s'accompagner de sensations de déformations d'objets ou métamorphopsies et à un stade plus évolué d'un scotome central ressenti le plus souvent sous la forme d'un scotome négatif extrêmement gênant.

La destruction maculaire entraîne des perturbations au niveau des champs récepteurs maculaires et des perturbations voire même une impossibilité de traitement des hautes fréquences spatiales et des détails fins.

Ce sont par conséquent les champs récepteurs périphériques et les canaux spécialisés traitant des moyennes et des basses fréquences spatiales qui sont alors sollicités pour la discrimination. Cette utilisation inadéquate nécessite une augmentation de la taille des stimulus présentés afin de susciter une réponse.

2.1.2.2 La perception du mouvement.

Celle-ci n'est pas véritablement perturbée par l'atteinte de la vision centrale. C'est en effet la vision périphérique qui assure l'intégration du mouvement, cependant, cette perception est imprécise lorsque la vision centrale ne peut participer à la localisation de départ et d'arrivée de la cible considérée.

2.1.2.3 La perception des couleurs.

Une personne atteinte de DMLA a souvent une altération importante de la vision des couleurs. Cette altération est proportionnelle à la taille du scotome central. De cette façon, les sujets présentant une perte fonctionnelle maculaire préfèrent généralement des couleurs saturées (vives). Cependant, il n'y a pas d'atteinte d'un axe particulier. En effet on rencontre aussi bien des atteintes

de type rouge-vert que bleu jaune voire même des dyschromatopsies sans axes.

Compte tenu de ces remarques, il apparaît important, lors de l'examen de la vision colorée dans le cadre d'une DMLA de présenter des tests saturés et désaturés adaptés à la basse-vision.

2.1.2.4 Le sens spatial.

Ne relevant pas de la vision centrale, le sens spatial ne subit pas de perturbation réelle.

Cependant, La modification des autres types de traitements peut interférer sur sa bonne adaptation aux situations rencontrées lors de la locomotion.

Les autres sens participant à son élaboration (tels que l'audition, le toucher) sont alors plus fortement mis en jeu pour pallier aux risques de confusion.

L'examen du sens spatial est effectué dans des lieux présentant des pièges visuels connus par l'accompagnateur réalisant l'observation évaluative et mettant le sujet dans des situations concrètes. Cette observation permet de déterminer le travail de développement de la vision fonctionnelle à réaliser dans le cadre de la rééducation (33).

En conclusion, l'atteinte de la vision centrale exige une adaptation du stimulus visuel afin qu'il soit perceptible par le sujet.

Par exemple, l'adaptation pour la lecture d'un texte doit se situer au niveau de la typographie du support de lecture, ainsi qu'au niveau des conditions ergonomiques de réalisation de l'activité.

En effet, pour être lu, le texte doit présenter une accessibilité de taille des caractères. Cette modification peut être obtenue par un agrandissement du texte lui-même (par exemple avec les livres et les journaux en caractères agrandis) et/ou par un artifice d'aide optique ou électronique.

D'autre part, les conditions optimales d'éclairage du texte sont requises tout en veillant à ne pas créer un phénomène d'éblouissement.

Le contraste requis en priorité sera maximum, avec une présentation de caractères noirs sur fond blanc.

Toutes ces adaptations nécessaires montrent la difficulté d'approche de la lecture pour un sujet souffrant de maculopathie.

2.2. Le comportement oculomoteur chez un sujet ayant une DMLA grave.

Le sujet est contraint d'adopter de nouvelles stratégies oculomotrices visant à utiliser au mieux ses possibilités visuelles périphériques restantes.

Tout comme pour la démarche oculomotrice décrite dans le cadre d'une vision normale, le sujet atteint d'une DMLA abordera la lecture d'un texte par une succession de saccades et de fixations toutefois, ces mécanismes subissent des adaptations. Au cours de la lecture, un nombre variable de caractères est occulté par le scotome lors de chaque fixation avec la région centrale de la rétine.

2.2.1 Les saccades.

Comme le décrivent WHITTAKER, CUMMINGS et SWIESON (34), les sujets atteints de DMLA sont dans l'impossibilité de réaliser des saccades dont le but est ce qu'ils définissent comme la "fovéation" de l'image ou du mot cible ("foveation saccades"), c'est-à-dire le positionnement en vision fovéolaire d'une cible captée en périphérie comme indice informatif. Face à cette perte, les sujets mettent en place des saccades dont la cible informative n'est pas le but à atteindre puisque dans ce cas il n'est pas perçu. Il s'agit alors de saccades sans fovéation ("non-foveation saccades").

Au niveau morphologique, on constate des saccades hypométriques. Il semble que la vitesse des saccades soit préservée. Par ailleurs le nombre de saccades est augmenté. Si on définit le ratio de saccades comme le rapport entre le nombre de saccades comptées et le nombre de saccades attendues (R), ce ratio est statistiquement augmenté en cas de DMLA à la fois pour le nombre total de saccades ($R=2,10$) et pour les saccades de refixation ($R=1,15$). L'augmentation du nombre des saccades est statistiquement inversement corrélée d'une part à l'acuité visuelle et d'autre part à la vitesse de lecture (en nombre de mots/minute) (35).

Par ailleurs, ce ratio de saccades peut s'améliorer avec la rééducation visuelle (36). MAC MAHON et coll. ont en effet montré que le ratio de saccades régresse en même temps que le ratio de lecture s'améliore. Cependant, les sujets présentant un ratio de saccades supérieur à 2 sont moins susceptibles d'une amélioration que ceux dont le ratio de lecture est moins altéré.

2.2.2 Les fixations.

Dans le cas de DMLA, le sujet ne pouvant fixer avec sa fovéa développe une pseudo-fovéa de position rétinienne excentrée.

L'analyse de la fixation, réalisée au moyen du SLO (ophtalmoscope laser à balayage), a montré l'existence d'un ou plusieurs points de fixation excentrée ("preferal retinal locus") (37) (38). Cette zone de fixation serait préférentiellement localisée en haut ou à droite de la lésion. Elle est adjacente à la lésion, mais n'est pas nécessairement située le plus près possible de la macula.

Dans le premier cas, le scotome est rejeté dans l'hémichamp supérieur ce qui favorise la locomotion. Cette localisation concorde par ailleurs avec la supériorité électrophysiologique de l'hémirétine supérieure.

La fixation à droite de la lésion a pour conséquence de rejeter le scotome dans l'hémichamp droit. Ce type de fixation correspond à une stratégie de lecture privilégiant les saccades de retour à la ligne nécessitant des saccades de grande amplitude et non pas comme on pourrait le penser de prime abord les saccades de progression. Pour CUMMINGS et WHITTAKER, 70% des sujets utilisent un seul point de fixation. Ces résultats corroborent ceux de GUEZ (37) et TIMBERLAKE (38).

Plusieurs modes de fixation peuvent cependant coexister chez le même sujet avec par exemple fixation périphérique pour de gros tests et fixation fovéolaire pour de petits tests en cas de persistance d'une petite zone fonctionnelle au centre de la lésion. En cas de scotome très large, quelques patients peuvent ne pas utiliser de location rétinienne préférentielle, il réalise alors de larges mouvements oculaires autour du scotome (39).

La stabilité de la fixation est également diminuée par rapport au sujet normal. Elle ne semble pas directement liée à l'excentricité de la fixation, ni à l'acuité visuelle.

Les résultats d'étude de fixation obtenus à partir du SLO ou d'autres techniques doivent être interprétés en tenant compte du fait que la fixation varie en fonction de la tâche à réaliser.

2.3. Adaptation cognitive.

Le domaine cognitif de la lecture, qu'il concerne des sujets avec une vision normale ou altérée, relève plus spécifiquement du domaine de la psychologie. L'abord présenté dans cet écrit est restreint à des données non exhaustives liées à des considérations sur des répercussions fonctionnelles. Les personnes atteintes de DMLA présentent souvent pour ne pas dire toujours une vitesse de lecture inférieure à celle de sujets ne présentant pas de problème visuel.

Diverses études comme le rapporte WATSON et WHITTAKER (40) ont tenté de déterminer la cause de ce ralentissement et surtout son influence sur la compréhension du texte lu.

Il apparaît que les difficultés liées au texte utilisé constituent un point important. Néanmoins, les capacités individuelles du sujet à mémoriser et stocker dans une mémoire "vive" semblent l'élément principal à une bonne compréhension d'un texte. L'atteinte de la vision centrale induisant une perte de vitesse de lecture apparaît créatrice d'une zone de mémorisation favorisant une "mise en attente stockée ("bottleneck") de l'information perçue visuellement. Ce stockage permet à son tour un ralentissement de la transmission vers les aires d'analyse et d'intégration supérieures favorisant ainsi une meilleure cohérence dans la lecture et par conséquent une compréhension normalement élaborée. Ainsi, les mots lus sont maintenus en mémoire d'attente afin de ne pas perdre le sens du texte décrypté.

La répercussion de la DMLA sur la lecture se traduit donc par la perte du traitement des fins détails spatiaux et la présence d'un scotome dont la profondeur et la surface dépendent du degré de gravité de la lésion. Pour pallier la perte de vision fovéolaire, le sujet va utiliser préférentiellement un point unique de fixation excentrée adjacente au scotome et visant probablement à rejeter celui-ci en haut ou à droite du point fixé et dont la stabilité serait diminuée.

Il en résulte une augmentation du nombre de saccades réalisées.

A partir de ces données, il paraît évident que l'analyse de la lecture ne peut pas se restreindre à la mesure de la vitesse de lecture en mots par minute. Toute tentative d'évaluation de la lecture devra comporter non seulement la mesure de la vitesse de lecture, mais aussi l'analyse du parcours oculaire effectivement réalisé avec les saccades et les fixations. Les erreurs de lecture devront être prises en compte puisqu'elles traduisent à la fois la perte de

l'information sensorielle et la qualité de la compensation cognitive. La compréhension du texte devra également être évaluée par un résumé oral des textes lus. Ces paramètres peuvent être abordés et étudiés par un système d'analyse des stratégies du regard à partir d'un photo-oculographe.

3. TENTATIVE D'ANALYSE DE LA LECTURE À L'AIDE D'UN PHOTO-OCULOMETRE.

3.1 La photo-oculographie .

3.1.1 Son principe

La photo-oculographie consiste à mesurer et analyser, à partir de l'image vidéo de l'oeil, la position relative de l'image d'une source lumineuse réfléchi sur la cornée et de l'image du centre de la pupille vue au travers du dioptré cornéen.

La mesure différentielle des positions relatives de ces deux images (4 pattern cornéens et un pattern pupillaire) indique la direction du regard et ses variations dans le temps indépendamment de la translation éventuelle de l'oeil liée à un petit déplacement latéral de la tête.

Toutes ces données sont traitées sous forme numérique en temps réel et mises en mémoire sur disque dur (41).

3.1.2 Le photo-oculomètre.

L'appareil utilisé est un photo-oculomètre dans sa version monoculaire (licence Inserm U 279) (cf. figure n°2).

3.1.2.1 Le système optique :

Les sources lumineuses sont créées à partir de cinq diodes électroluminescentes ayant un rayonnement proche de l'infra-rouge.

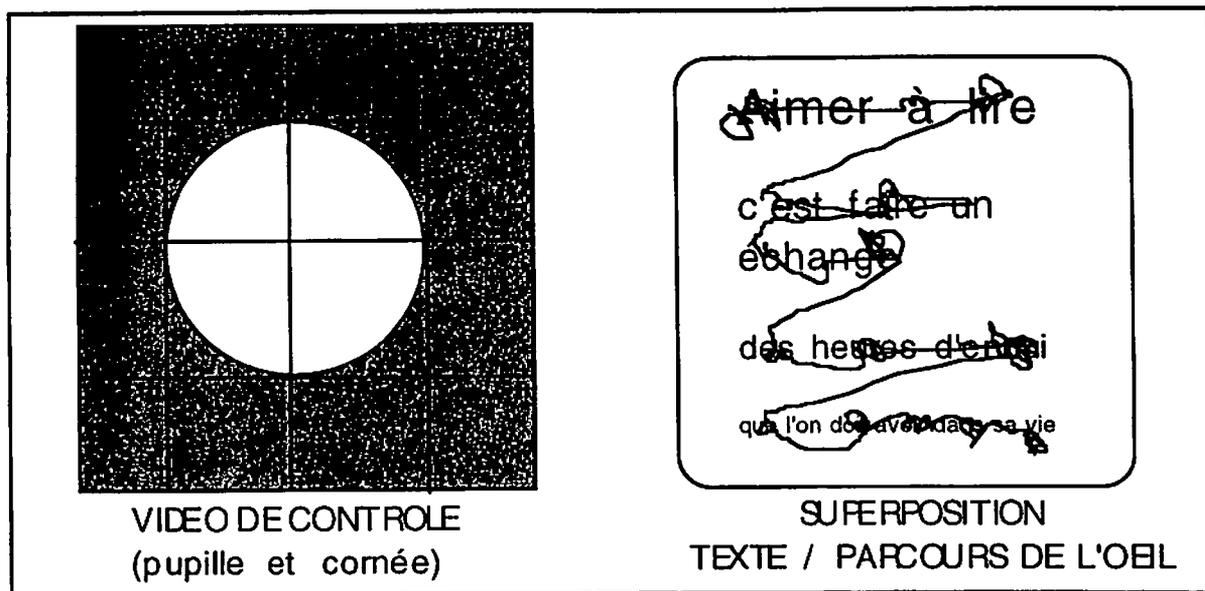
Elles se réfléchissent sur un miroir chaud (miroir qui laisse passer le visible et réfléchi les infra-rouges) placé à 45 degrés devant l'oeil pour se diriger vers la cornée de l'oeil examiné.

Les quatres sources infra-rouge périphériques se reflètent sur la face antérieure de la cornée et donne les quatre reflets cornéens déterminant ainsi le plan cornéen.

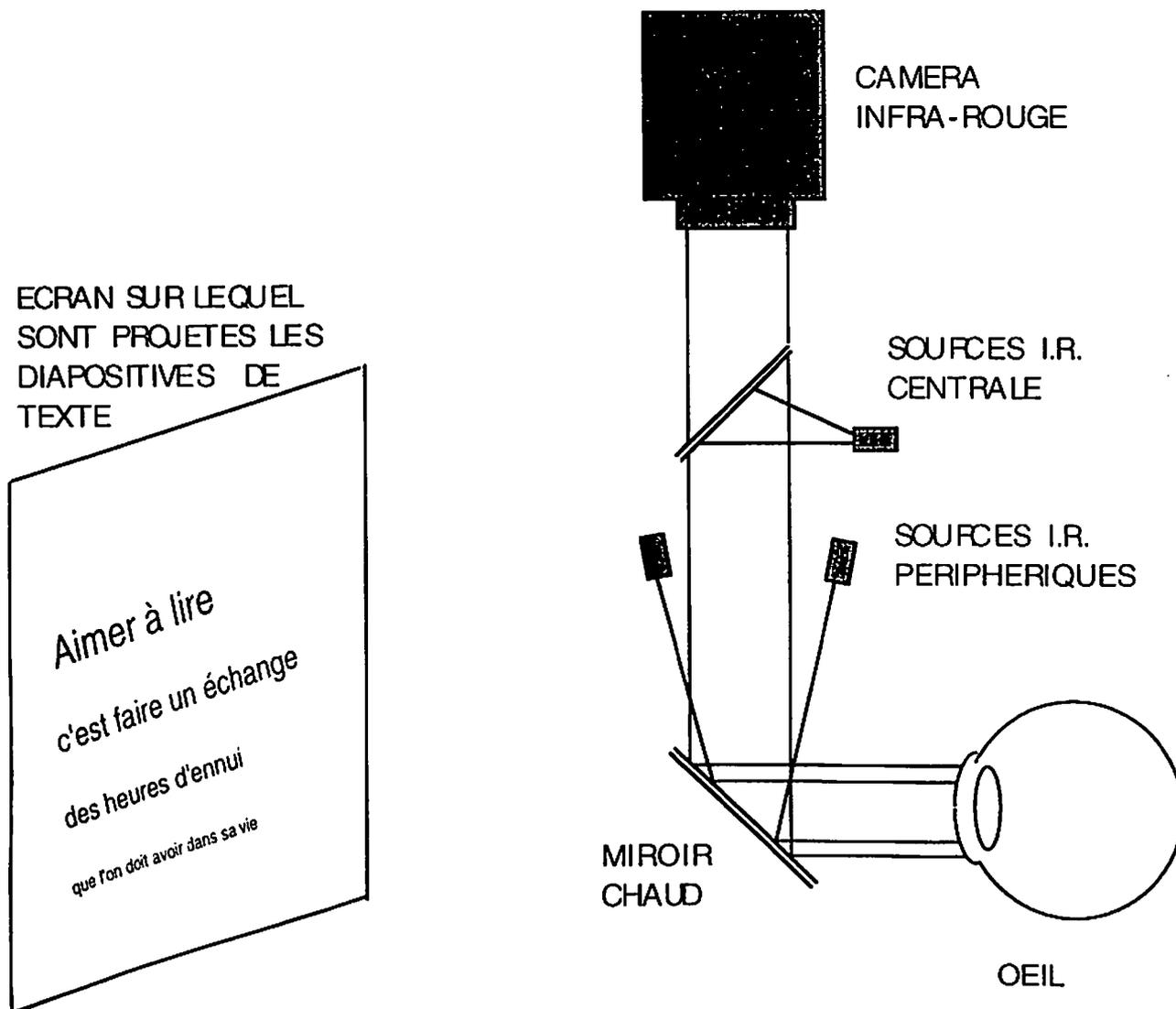
La cinquième source donne le reflet de l'image pupillaire qui est le résultat, au niveau de la pupille, de la réflexion par la rétine de la partie du faisceau infra-rouge pénétrant dans le segment postérieur. Le plan pupillaire est ainsi déterminé.

Les deux plans mesurés servent à déterminer la position de l'oeil.

Figure n°2 : principe du photo-oculographe dans la stratégie du regard



ORDINATEUR DE CONTROLE (Métrovision)



3.1.2.2 La caméra et le moniteur vidéo de contrôle.

L'axe de la caméra est coïncident avec la source d'éclairage centrale; l'image de l'oeil est formée sur le capteur par une lentille de focalisation.

Elle permet la détection des reflets cornéens et pupillaires.

La caméra transfère l'image sur un moniteur vidéo.

Le contrôle visuel du moniteur vidéo par l'opérateur est nécessaire pendant toute la durée de l'examen afin de vérifier son bon déroulement (centrage, netteté).

Les données sont transférées sur l'ordinateur qui les traite et les conserve en mémoire sous forme numérique sur le disque dur.

3.1.2.3 L'ordinateur de commande.

Il comporte une partie logiciel et une partie enregistrement des résultats.

Il permet la création de procédures et de chaînages à partir du logiciel de création, ainsi que la mise en mémoire et la conservation des données sur disque dur.

Pendant le déroulement de l'examen, un suivi des mouvements oculaires est possible sur l'écran cathodique; il permet de vérifier que l'enregistrement se fait correctement et sans interruption.

3.1.2.4 Le clavier.

Il permet la relation entre l'opérateur et l'ordinateur ainsi qu'avec tous les éléments commandés par l'ordinateur. Le contrôle des opérations demandées se fait sur l'écran de l'ordinateur.

3.1.2.5 L'imprimante couleur.

Elle sert à sortir sur papier les résultats et analyses transmis à partir de l'ordinateur.

3.2 Stratégie du regard pour l'analyse de la lecture.

Contrairement aux études réalisées au SLO, la position rétinienne n'est pas mesurée ("On sait où le sujet fixe, mais on ne sait pas avec quoi il fixe").

La méthode a pour but d'évaluer la stratégie globale de lecture et non pas de rechercher des corrélations entre les performances de lecture et des atteintes anatomiques.

L'un des atouts de cette technique est son caractère non invasif et non contraignant.

L'examen d'analyse des stratégies du regard nécessite un matériel de projection et des tests spécifiques (42).

3.2.1 Le matériel de projection.

Le support de projection est un écran blanc opaque. Il est placé à 150 centimètres de l'oeil du patient. L'angle sous lequel est vu cet écran correspond pour sa largeur à 40 degrés de champ et pour sa hauteur à 30 degrés.

Le projecteur est piloté par l'ordinateur, ce qui permet un passage automatique des diapositives d'après la procédure choisie.

3.2.2. Les tests utilisés.

Ce sont des extraits d'une planche d'acuité visuelle de lecture en vision de près (Echelle d'acuité Basse-Vision de M.S. SANDER ET X. ZANLONGHI). Ces extraits sont convertis en diapositives et projetés sur écran. Ces tests sont ensuite digitalisés dans le microprocesseur du photo-oculomètre.

Chacune des diapositives correspond à un niveau d'acuité visuelle donné.

Les niveaux d'acuité visuelle testés s'échelonnent de Parinaud 3 à Parinaud 10 avec une progression logarithmique (cf.figure n°3).

Ces tests sont projetés sur l'écran blanc.

1/30 - P50

Aimer à lire

1/25 - P40

c'est faire un échange

1/20 - P33

des heures d'ennui

1/16 - P26

que l'on doit avoir dans sa vie

Figure n°3 : exemple de diapositive de présentation (tiré de l'échelle d'acuité visuelle basse-vision de M.S. SANDER et X. ZANLONGHI)

3.3 Réalisation d'un examen de stratégie du regard pour l'analyse de la lecture.

3.3.1 Installation du sujet.

La personne à examiner s'assied sur un siège le plus confortablement possible.

3.3.2 Réglage de la caméra.

Avant de démarrer l'enregistrement, il est demandé au sujet de fixer un point situé au milieu de l'écran de projection, droit devant lui. L'image de son oeil fournie par la caméra permet le bon positionnement de la tête et la mise au point des reflets cornéens et pupillaire dont la netteté est nécessaire à la bonne détermination de la direction du regard.

3.3.3 Calibration de la direction du regard.

Elle a pour but de mesurer la direction du regard sur 5 cibles projetées sur l'écran blanc dont les positions sont parfaitement connues. Pour ce faire, le sujet fixe successivement un point central puis 4 points répartis aux sommets d'un carré.

A partir de ces mesures, il est possible de superposer exactement le tracé du parcours oculaire à cette diapositive.

Dans le cadre de la lecture, l'intérêt sera porté sur la réalisation des fixations.

3.3.4 Présentation des tests et enregistrement.

Les tests sont présentés pendant une durée de 80 secondes.

Le sujet doit fixer au centre de l'écran avant chaque présentation de test. Pour obtenir ce repositionnement régulier, un point central lui est projeté.

La consigne donnée au sujet est de lire les textes projetés.

Le sujet est prévenu qu'il devra résumer ces textes à l'issue de l'examen.

Le parcours oculaire est enregistré en temps réel.

Les tests sont présentés en ordre de difficulté croissante.

3.4 Méthode d'analyse des résultats de stratégie du regard appliqué a la lecture chez un sujet normal.

Le résultat apparaît sous forme d'un tracé du parcours oculaire superposé au texte.

L'approche globale permet une évaluation qualitative de la cohérence.

L'étape suivante est l'analyse des fixations. L'appareil donne une analyse séquentielle des fixations avec leurs durées et leurs dispersions.

Une autre possibilité d'analyse est celle de type photo-oculographique permettant, par exemple, de comptabiliser, dans le cadre de la lecture, les saccades de régression.

Le parcours oculaire est imprimé en vert sur le texte (cf. figure n°4). Il s'agit dans le cas présenté d'un tracé normal sur lequel le balayage oculaire suit la progression du texte.

Les saccades de progression ainsi que les grandes saccades de retour à la ligne sont très nettes. Une seule saccade de régression est observée, sur la dernière ligne.

La localisation des fixations est parfaitement objectivée. Les mots plus longs comme "échange" et "ennui" requièrent deux fixations.

Une analyse plus détaillée des zones de fixation permettrait de mettre en évidence les durées des fixations.

La représentation temporelle du parcours oculaire comme en oculographie (disponible uniquement sur l'écran de l'ordinateur) permet une analyse affinée de la morphologie des saccades.

Ce type d'examen est parfaitement utilisable dans le cadre d'une évaluation de la lecture chez le sujet atteint d'une DMLA.

Il faut cependant prendre en considération les principales limites de cette technique, à savoir l'utilisation des aides optiques et la transparence des milieux oculaires.

date examen :

identité :

33

dossier :

habitat :

enreg 9174/DDMSS

sujets :

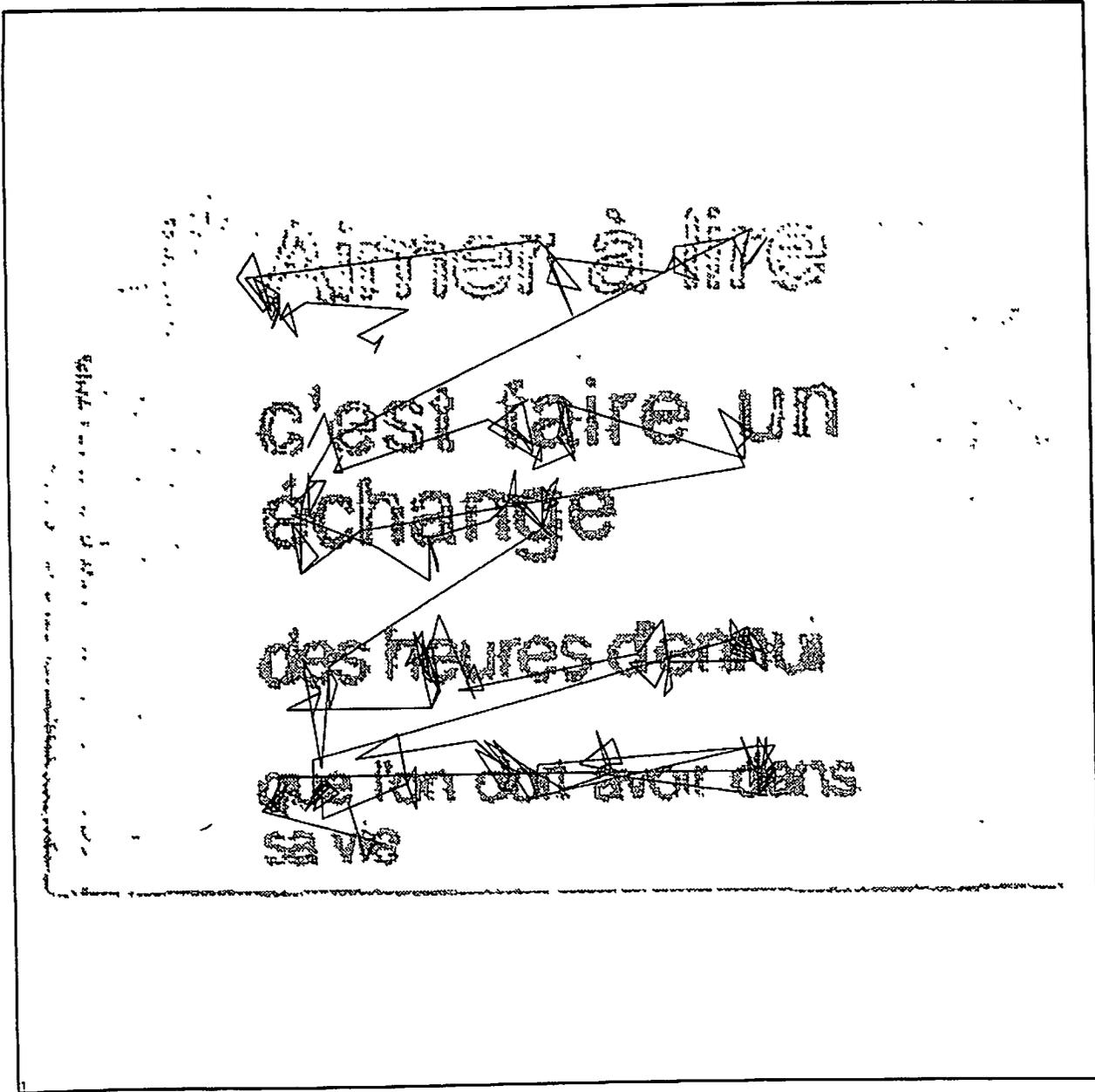
3 - TEXTE1

OD

CSP :

3 - TEXTE1

3 - TEXTE1



Images valides : 572 Images non valides : 116 % Validité : 83

Figure n°4 : exemple de tracé normal de stratégie du regard dans la lecture

2, rue Archimède
59650 Villeneuve d'Ascq
- FRANCE -
Tél : (33) 20 67 10 18



Dr ZANLONGHI CLINIQUE SOURDILLE
laboratoire d'explorations de la vision
tel : 40 94 07 37 fax : 40 40 96 44

SUIVEUR
DE REGARD
v10069522

CONCLUSION

D'apparence facile, la lecture se révèle être un acte complexe dont l'analyse, tant sur le plan de la normalité que pour le cas d'atteintes maculaires, a suscité et suscite toujours des recherches et des interrogations.

Une étude plus précise de la lecture incluant à la fois l'analyse des stratégies des fixations et des saccades est possible avec l'utilisation d'un système de stratégie du regard adapté pour un photo-oculographe.

Cette analyse peut être un élément important dans l'évaluation des difficultés de lecture des personnes atteintes de DMLA. Son utilisation est envisageable pour l'adaptation ou le suivi d'un projet de rééducation de la vision fonctionnelle de lecture.

D'autre part, cette technique peut être élargie à d'autres aspects de la perception que la lecture tels que l'exploration des formes, d'images et autres supports.

BIBLIOGRAPHIE

- 1-PERRIER D., BELIN C., ROUX S., LARMANDE P., Comment lit-on? Etude du mouvement des yeux au cours de la lecture, Journal Français Ophtalmologique, 1994, 17,3, p217-221.
- 2-BRUCE V., GREEN P.R., La perception visuelle: physiologie, psychologie et écologie, Presse universitaire de Grenoble, 1993.
- 3-MENU J.P., CORBE Ch., Stimulus visuel et différentes fonctions visuelles, Editions Techniques. Encycl. Méd. Chir. (Paris-France), Ophtalmologie, 21027 A²⁰, 1, 1991, 26p.
- 4-COULON J.J., GRALL Y., LE GARGASSON J.F., Electrophysiologie clinique de la fonction visuelle, Coup d'Oeil, 1988.
- 5-CHEVALERAUD J.P., Examen clinique de la vision des couleurs, Encycl. Méd. Chir. (Paris-France), Ophtalmologie, 21030 B¹⁰, 1, 1982.
- 6-DUCASSE A., SEGAL A., Anatomie de la rétine, Encycl. Méd. Chir. (Paris, France), Ophtalmologie, 21003 C⁴⁰, 1, 4-12-10, 12p.
- 7-LARMANDE P., LARMANDE A., Neuro-ophtalmologie, Masson, Paris, 1989.
- 8-CORBE Ch., DE LA PORTE DES VAUX Ch., MENU J.P., Pour une meilleure compréhension de la malvoyance, Propos BIOPHARMA, 1995, supplément ophtalmologie n°13, p29-35.
- 9-DE LA PORTE DES VAUX Ch., HOLZSCHUCH Ch., MENU J.P., Une méthode d'évaluation et de rééducation de la vision fonctionnelle, Lynx Optique, Levallois-Perret, 1993.
- 10-LEVY-SCHOEN A., O'REGAN J.K., Le regard et la lecture, La Recherche, 1989, n°20, p744-753.
- 11-LARMANDE A., LARMANDE J., Physiologie de la motricité oculaire conjuguée, Encycl. Méd. Chir. (Paris, France), Ophtalmologie, 21026 A²⁰, 12-1984, 10p.

12-VITU F., Les mouvements oculaires pendant la lecture, Vision et lecture, AFPSSU, Paris, 1994.

13-JUST M.A., CARPENTER P.A., A theory of reading : from eye fixations to comprehension, Psychological review, 1980, n°87, p.329-354.

14-VITU F., The influence of parafoveal preprocessing and linguistic context on the optimal landing position effect, Perception and psychophysics, 1991, n°50, p.58-75.

15-BONNET C., GHIGLIONE R., RICHARD J.F., Traité de psychologie cognitive 1, Bordas, Paris, 1989.

16-GUEZ J.E., Etude de la distribution des fixations près des angles de formes polygonales à l'aide d'un ophtalmoscope laser à balayage, Mémoire de D.E.A. de Sciences Cognitives, 1992.

17-POLLATSEK A., RAYNER K., Eye movements and lexical access. In D. Balota, G. Flores d'Arcais, & K. Rayner (eds), Comprehension Processes in reading, Erlbaum.

18-YARBUS A., Eye movements and vision, New York, Plenum Press, 1967.

19-MACKWORTH N., MORANDI A., The gaze selects informative details within picture, Perception and psychophysics, 1967, n°2, p.547-552.

20-LOFTUS G., MACKWORTH N., Cognitive determinants of fixation, Journal of Experimental Psychology, 1978, n°4, p.565-572.

21-NOTON D., STARCK L., Scanpaths in eye movements, Vision Res., 1971, n°11, p.929-942.

22-FINDLAY J.M., Global visual processing for saccadic eye movements, Vision Research, 1982, vol. 22, n°8, p.1033-1045.

23-COREN S., HOENIG P., Effect of non-target stimuli upon length of voluntary saccades, Percept. Mot. Skills, 1972, n°34, p.499-508.

- 24-FINDLAY J.M., Spatial and temporal factors in the predictive generation of saccadic eye movements, Vision Research, 1981, vol.21, n°3, p.347-354.
- 25-BECKER W., Do correction saccades depend exclusively on retinal feedback? A note on the possible role non-retinal feedback, 1976, Vision research, vol.16, p.425-427.
- 26-BECKER W.; JURGENS R., An analysis of the saccadic system by means of double step stimuli, 1979, Vision Research, vol.19, p.967-983.
- 27-ATTNEAVE F., Physical determinants of the judged complexity of shapes, Journal of Experimental Psychology, 1957, n°53, p.221-227.
- 28-BERLYNE D., Conflict and information-theory variables as determinants of human perceptual curiosity, Journal of Experimental Psychology, 1957, n°53, p.399-404.
- 29-ZUSNE L., MICHELS K., Non-representational shapes and eye movements, Percept. Mot. Skills, 1964, n°18, p.11-20.
- 30-MICHELS K., ZUSNE L., Metrics of visual form, Psychol. Bull., 1965, n°63, p.74-86.
- 31-VITU F., O'REGAN J.K., INHOFF A.W., TOPOLSKI R., Mindless reading : eye movements characteristics are similar in scanning strings and reading texts, Perception and Psychophysics, 1995.
- 32-COSCAS G., Dégénérescences maculaires acquises liées à l'âge (et néovaisseaux sous-réiniens), Masson, Paris, 1991.
- 33-GRIFFON P., La rééducation des malvoyants, Privat, Toulouse, 1993.
- 34-WHITTAKER S.G., CUMMINGS R.W., SWIESON L.R., Saccade control without a fovea, Vision Res., 1991, n°12, p2209-2218.
- 35-Mc MAHON T.T., HANSEN M., VIANA M., Fixation characteristics in macular disease. Relationship between saccadic frequency, sequencing and reading rate, Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 1991, n°32, p567-574.

0 1 2 3 4 10

36-McMAHON T.T., HANSEN M., STELMACK J., OLIVIER P., Saccadic eye movements as a measure of the effect of low vision rehabilitation on reading rate, Optom. Vis. Sci., 1993, n°70, p506-510.

37-GUEZ J.E., LE GARGASSON J.F., RIGAUDIERE F., O'REGAN J.K., Is there a systematic location for the pseudo-fovea in patients with central scotoma?, Vision Res., 1992.

38-TIMBERLAKE G.T., PELI E., ESSOK E.A., AUGLIERE R.A., Reading with a macular scotoma, Investigative Ophthalmology and Visual Science, 19 , n°28, p1268-1274.

39-CUMMINGS R.W., WHITTAKER S.G., WATSON G.R., Scanning characters and reading with a central scotoma, Am. J. Optom. Physiol. Optics, 1985, 62, 12, p833-843.

40-WATSON G.R., WHITTAKER S.G., Rate and comprehension reading skills in individuals with macular degeneration, Low Vision, IOS Press, 1994.

41-BUQUET C., Nouvelle méthode d'évaluation clinique de la statique et de la cinétique oculaire : la photo-oculographie, Thèse pour le Doctorat de l'Université de Lille II, 1989.

42-YVRAUT P., La photo-oculographie dans la stratégie du regard de l'amblyopie récupérée et de l'enfant normal, Thèse pour le Doctorat en médecine (Tours), 1991.