

FORMAT NUMÉRIQUE VS PAPIER : DIFFÉRENCES POUR LA LECTURE 1/3

CETTE SÉRIE DE TROIS ARTICLES SE PENCHE SUR LES BESOINS VISUELS À L'ÉCOLE, LA LECTURE ET LES DIFFÉRENCES EN TERMES DE LECTURE ET D'APPRENTISSAGE ENTRE LE FORMAT NUMÉRIQUE ET LE FORMAT PAPIER, DU POINT DE VUE D'UN OPTOMÉTRISTE.

Dans la plupart des sociétés, de nombreux systèmes éducatifs publics et privés se tournent vers le tout numérique pour les ressources pédagogiques, entraînant un changement constant du modèle d'enseignement.

Quels que soient les avantages offerts par le tout numérique dans le domaine de l'enseignement, nous devons nous demander si les performances de lecture, visuelles et cognitives sont les mêmes d'un format à l'autre : numérique vs. papier.

Ce sujet d'actualité a suscité un grand intérêt dans de nombreuses disciplines académiques. Dans cette série de trois articles, nous tenterons d'aborder le problème d'un point de vue pluridisciplinaire — en nous penchant plus spécifiquement sur les implications qui, d'après nous, sont plus pertinentes pour les optométristes.

Dans ce premier article, nous nous attachons aux activités visuelles dans le milieu scolaire et au lien entre capacités visuelles et scolaires, en examinant les différences éventuelles en termes de lecture entre les deux formats.



Víctor Javier García Molina BSc. MSc

Victor Molina est un optométriste diplômé de l'Université Complutense de Madrid. Il a obtenu un Master en optométrie au Centro Boston d'optométrie de Madrid en 1998. Il dirige depuis 23 ans les départements d'optométrie et de contactologie de l'entreprise espagnole Tu Visión (S.L). Une formation spécialisée en lentilles de contact au Centro de Optometría Internacional de Madrid en 2000 lui a permis d'approfondir son expertise dans ce domaine. Il a ensuite acquis des compétences en affaires en suivant une formation interne de cadres dirigeants et le programme de management de l'école de commerce ESADE de Barcelone. Il a enseigné l'optométrie clinique et a participé en tant qu'enseignant au programme de Master sur la pose de lentilles de contact à l'European University of Madrid (UEM). Il a également occupé les fonctions de professeur assistant de contactologie à l'Universidad Nacional Autónoma de Managua au Nicaragua. Il est actuellement chargé de la formation continue chez Tu Visión. Victor a couvert la santé oculaire dans divers médias (télévision, radio, presse) depuis 1993 et s'intéresse par ailleurs à l'histoire militaire.

ACRONYMES UTILISÉS

VA

Acuité visuelle

NVA

Acuité visuelle de près

FVA

Acuité visuelle de loin

MOTS CLÉS

Passage au numérique, lecture, compréhension écrite, résultats scolaires, capacités visuelles, fatigue oculaire numérique.

Le passage au tout numérique dans l'enseignement

Le changement de paradigme dû à l'adoption du numérique comme support d'apprentissage ne peut pas être ignoré. Outre les ordinateurs présents dans chaque salle de classe et chaque foyer, nous pouvons désormais utiliser des dispositifs mobiles (tablettes, liseuses électroniques et même des téléphones portables) pour lire toutes sortes de contenus. Ce phénomène s'est également invité sur le lieu de travail et dans nos activités de loisirs. Nous vivons dans un monde multi-écrans, dans lequel nous passons constamment d'un appareil à un autre pour effectuer toutes sortes de tâches.

Même si la plupart des systèmes scolaires des sociétés les plus avancées se tournent vers le tout numérique pour leurs supports de lecture, et malgré les avantages qu'il représente dans ce domaine (fig. 1), le passage au numérique soulève certaines questions. Notamment, a-t-il un impact négatif sur les processus visuels ou cognitifs ? Est-ce mieux ou moins bien de lire sur un support numérique ou papier ? A-t-il des effets négatifs sur notre santé visuelle ? Affecte-t-il les résultats scolaires ?

Le problème vient du nombre impressionnant d'études cliniques qui examinent cette question sous tous les angles, notamment : la manière de lire, les aptitudes requises pour la lecture, comment les informations sont interprétées et décodées, les compétences requises pour lire correctement, les mouvements oculaires associés à la lecture,

la vitesse de lecture et la compréhension du texte, ainsi que les troubles de lecture et d'écriture. Les approches et les résultats de ces recherches varient en fonction de l'orthographe de la langue étudiée - phonétique vs. aléatoire (par ex. espagnol vs. anglais) - et selon que la lecture est silencieuse ou à voix haute. Nous ne tenterons pas d'aborder tous ces aspects dans cet article (chose qui ne serait ni possible, ni notre objectif principal). Cela nous obligerait en outre à généraliser et à simplifier, et certaines de nos conclusions seraient par conséquent peu exactes, voire totalement inexactes.

Ces questions de lecture et d'apprentissage revêtent beaucoup plus d'importance dans le contexte actuel de confinement et de post-confinement dû à la pandémie de COVID-SARS 19. D'après l'UNESCO, les écoles ont fermé dans près de 160 pays, des mesures qui ont touché près de 90 % de la population scolaire mondiale (5). Les cours se poursuivent à la maison, les salles de classe étant remplacées par des appareils numériques. Cette situation se retrouve dans le monde professionnel, avec l'explosion du télétravail. L'enseignement et le travail

sont désormais numériques. On observait déjà une augmentation de cette tendance avant la pandémie de COVID-SARS 19, mais tout semble indiquer que la pandémie a intensifié le phénomène.

Quel que soit le cas, si les appareils numériques affectent négativement les performances, comme semblent l'indiquer plusieurs études cliniques et articles scientifiques (1, 2, 3, 4), cela pourrait être lié au fait qu'ils sollicitent plus les ressources visuelles (principalement pour l'accommodation ou la vergence), oculaires et cognitives. Ces efforts supplémentaires pourraient avoir des effets secondaires, autres que la baisse des résultats scolaires. Pourquoi ?

Nous savons qu'une mauvaise utilisation des ordinateurs et des appareils numériques rétroéclairés est liée à une prévalence accrue de symptômes visuels, oculaires et asthénopiques, réunis sous l'appellation fatigue oculaire numérique. L'OMS (6) a reconnu officiellement la fatigue oculaire numérique, en précisant que la durée d'utilisation en est l'une des principales causes (7, 8). Sur le lieu de

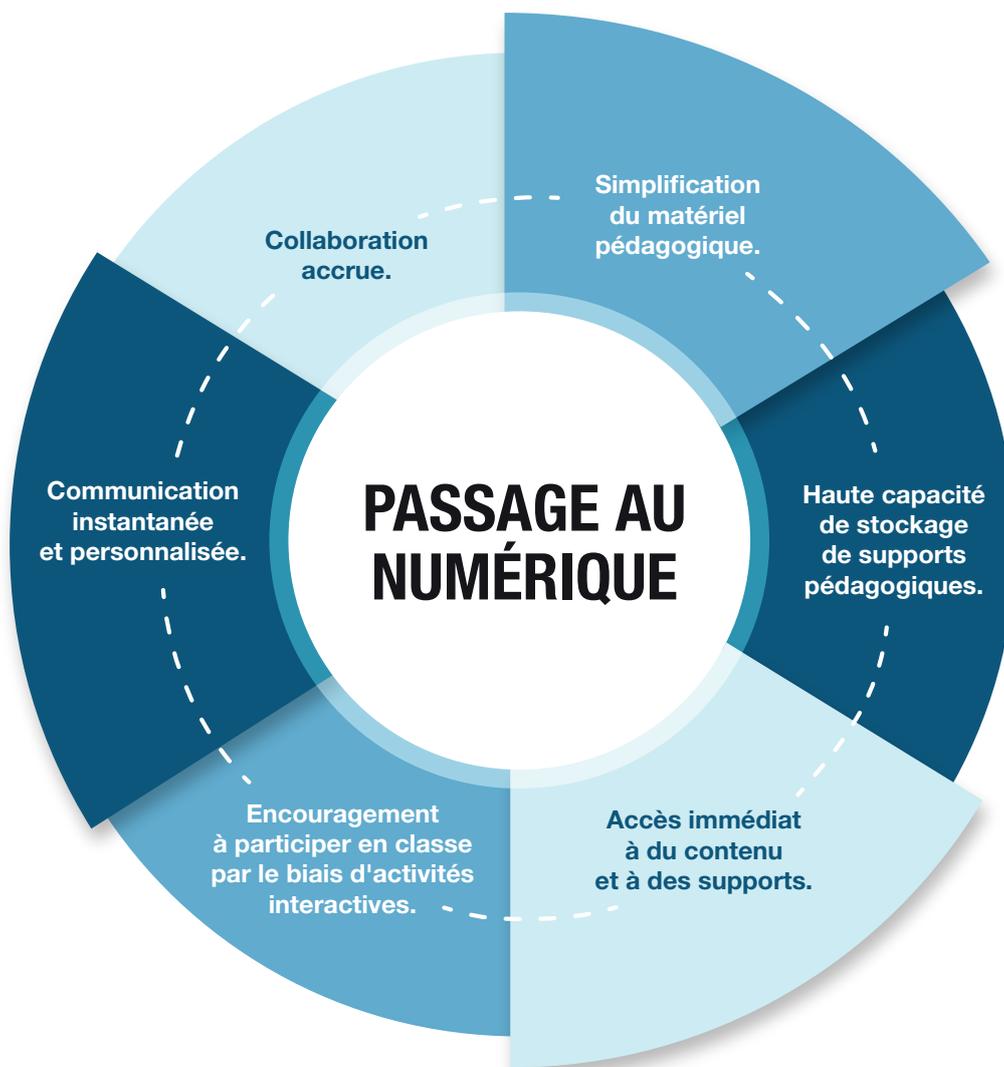
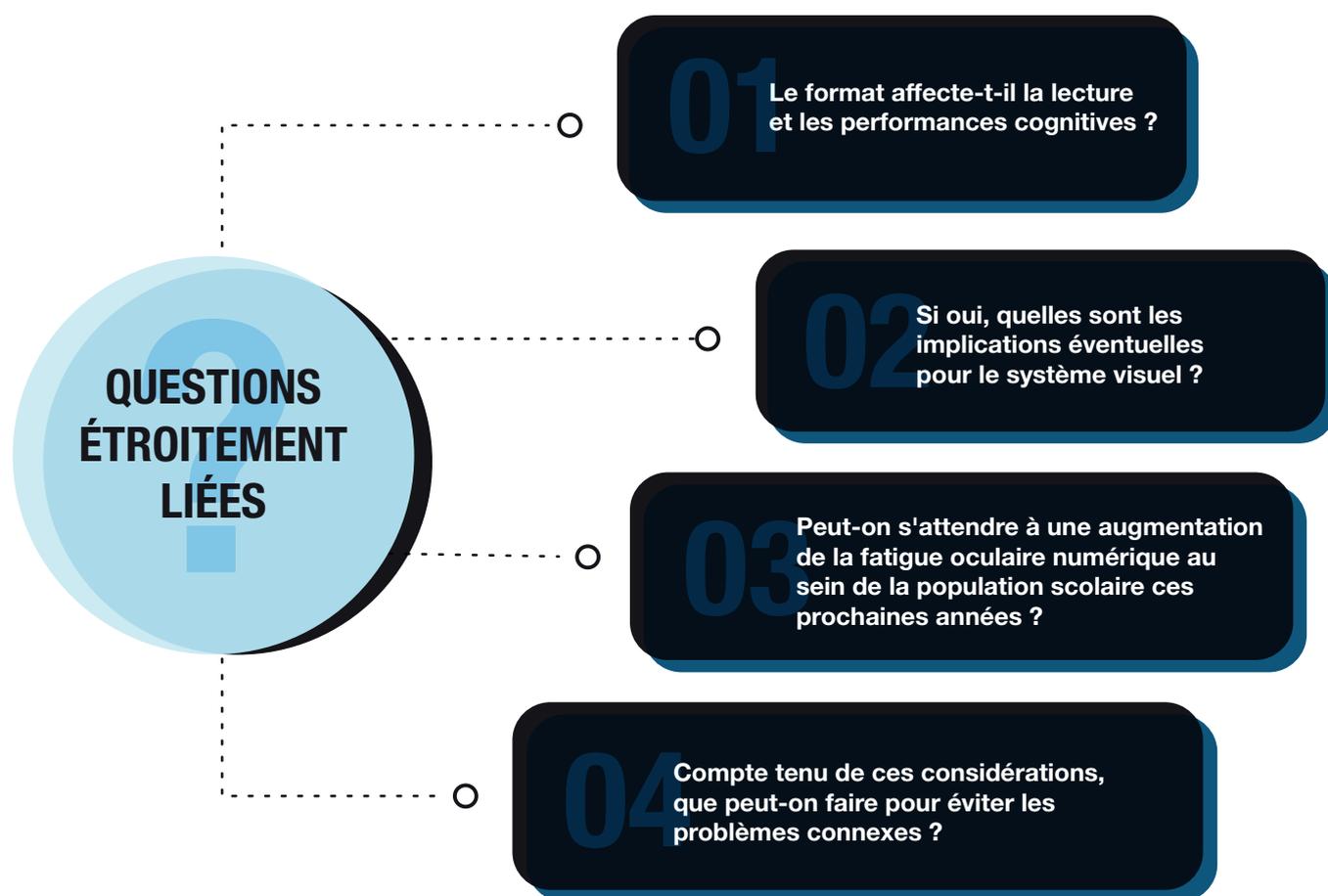


Fig.1. Quelques avantages du passage au numérique dans l'enseignement. Les appareils numériques sont interactifs et conviviaux. En outre, ils permettent de stocker et d'accéder à un plus grand nombre de supports pédagogiques. Le passage au numérique dans l'enseignement représente d'énormes avantages.

travail, les problèmes liés à la fatigue oculaire numérique vont au-delà des symptômes visuels, oculaires et asthénopiques qui la caractérisent (9, 10, 11). On constate en effet qu'elle entraîne une baisse considérable des performances au travail (12). Nous nous sommes demandé si une plus longue durée d'utilisation (correcte ou non) des appareils numériques pour les tâches de lecture pouvait entraîner une augmentation de la prévalence de fatigue oculaire numérique ou de tout autre syndrome au sein de la population scolaire, et donc se traduire non seulement par une augmentation des

problèmes de santé, mais aussi par une baisse des résultats scolaires. Nous nous sommes également demandé si elle pouvait avoir un impact sur la prévalence et le taux de progression de la myopie, liée à ce phénomène (13, 21, 22), mais cette question fera l'objet d'un autre article.

Pour l'instant, après avoir étudié les données et les preuves fournies dans les publications de recherche clinique ou interventionnelle, nous aborderons une série de questions étroitement liées :



Pour tenter de répondre à ces questions, nous commencerons par le point de départ : l'école. Que font les enfants à l'école ?

Besoins visuels à l'école.

Au début des années 90, Ritty et al (14) ont classé en quatre principaux groupes les tâches que les enfants effectuent à l'école :

- Tâches en vision de loin : lorsque l'enfant fait quelque chose qui exige qu'il regarde plus loin, sans revenir à un objet visuel plus rapproché.
- Tâches en vision de près : lorsque l'enfant lit, écrit ou effectue une activité soutenue avec un objet rapproché. L'étude initiale ne tient pas compte de l'utilisation d'écrans pour ce groupe.

- Tâches avec transition entre vision de loin et de près : lorsque le regard de l'enfant passe d'une distance à une autre.
- Tâches d'ordre général : pauses, récréations, activité physique, etc.

Outre ces activités visuelles « classiques », Narayanasamy et al (15) ajoutent, à juste titre :

- Activités sur ordinateurs : tâches impliquant l'utilisation d'un ordinateur de bureau ou portable.

Nous y ajoutons :

- Activités sur appareils numériques : tâches impliquant l'utilisation d'appareils numériques portables. Techniquement, ces activités pourraient être classées dans la catégorie des tâches rapprochées, mais en

raison de la nature spécifique de l'utilisation des appareils et de leurs caractéristiques, nous pensons qu'il convient de les examiner séparément.

Comme vous pouvez le constater, les activités visuelles en classe sont extrêmement variées. Les sollicitations du système oculaire de l'enfant en matière d'accommodation et de vergence varient considérablement (16). Cependant, malgré l'apparente hétérogénéité de ces activités, les recherches et études cliniques montrent généralement que (malgré les différentes approches et les différents modèles pédagogiques existants) les enfants effectuent la plupart du temps des tâches rapprochées. Le nombre d'heures varie, mais il représente en moyenne près de la

moitié de la journée scolaire (14, 16, 17, 18), au moins en primaire. Si les sollicitations visuelles sont liées à l'activité, elles dépendent principalement de l'âge de l'enfant. En général, le besoin d'une meilleure acuité visuelle (VA) de près et de loin (NVA et FVA) augmente à mesure que les exigences scolaires augmentent (17).

Certaines études définissent des seuils minimum d'acuité visuelle de près (NVA) et de loin (FVA) qui permettent d'effectuer des tâches scolaires relativement normalement, particulièrement dans le primaire. Les années d'école primaire sont, bien sûr, celles où les processus d'apprentissage fondamentaux sont établis. Les seuils sont résumés ci-dessous (15, 16, 17) :

<p>Étude Negiloni et al.</p> <p>Pays et année Inde 2017</p> <p>Niveau de scolarité (grade) Grades 4 à 12</p> <p>NVA (minimum) 0,31 LogMar</p> <p>FVA (minimum) 0,44 LogMar</p>	<p>Étude Langford & Hug</p> <p>Pays et année U.S.A. 2010</p> <p>Niveau de scolarité (grade) Grade 5</p> <p>NVA (minimum) 0,37 LogMar</p> <p>FVA (minimum) 0,73 LogMar</p>	<p>Étude Narayanasamy et al</p> <p>Pays et année Australie 2016</p> <p>Niveau de scolarité (grade) Grades 5 et 6</p> <p>NVA (minimum) 0,33 LogMar</p> <p>FVA (minimum) 0,72 LogMar</p>
--	---	--

Tableau No. 1. Acuité visuelle minimum requise pour les tâches en vision de près et de loin à l'école primaire, selon plusieurs études.

Ces seuils (relativement) bas pourraient expliquer pourquoi certains enfants présentant des défauts de réfraction non corrigés et une acuité visuelle plus faible peuvent continuer à suivre les cours apparemment normalement, sans que cela affecte négativement leurs performances de lecture. Nous constatons cela assez fréquemment lors de nos consultations (souvent avec surprise), ainsi que le fait que, compte tenu du lien entre exigences scolaires et besoins visuels, certains défauts de réfraction (principalement hypermétropie et astigmatisme) ne sont détectés que quelques années plus tard. Les conclusions de Dirani et al (18) montrant l'absence de lien entre acuité visuelle et performances de lecture pendant les premières années scolaires sont surprenantes, du moins si l'on tient compte des nombreuses études qui établissent un lien entre capacités visuelles et résultats scolaires (19, 20). Bien des points mentionnés ci-dessus sont à préciser. Tout d'abord, comme mentionné dans l'étude de Dirani et al (18), l'acuité visuelle de près et l'acuité visuelle de loin ne constituent qu'une partie de l'ensemble des capacités visuelles susceptibles d'être impliquées dans les activités visuelles. Les VA mentionnées ci-dessus représentent les seuils à partir desquels un enfant aurait du mal à suivre

les cours. Cependant, la VA est une mesure toute relative, qui ne fournit pas un tableau exhaustif de l'efficacité du système visuel. Ritty et al (14) font également l'observation suivante : « les élèves présentant des dysfonctionnements oculomoteurs peuvent avoir du mal à répondre aux attentes comportementales en classe ». De nombreuses études l'ont confirmé, de même que le lien avec les capacités motrices en général (26, 27). En outre, le fait qu'il s'agisse d'un seuil minimum ne signifie pas que les élèves du primaire n'effectuent pas de tâches exigeant une acuité visuelle de 20/20 (ils en effectuent) (17), ce que certains défauts de réfraction rendraient extrêmement difficiles. De plus, la capacité d'un enfant à obtenir des résultats scolaires convenables et à développer son plein potentiel dépend de tout un éventail de capacités visuelles, ainsi que d'autres types d'aptitudes et de l'influence de son environnement. Ces autres facteurs ont déjà été mentionnés, mais ils comprennent la coordination oculomotrice, la sensibilité au contraste, les capacités d'accommodation et de vergence et, bien sûr, la présence d'une pathologie oculaire. Par conséquent, comme le suggèrent d'ailleurs Leone et al, l'acuité visuelle n'est pas une mesure particulièrement fiable pour les dépistages

pédiatriques (23), surtout si l'objectif est d'évaluer des performances futures ou d'éviter des problèmes d'apprentissage ou de lecture. En fait, plusieurs études permettent d'établir des liens très clairs entre des indicateurs de santé (y compris certaines capacités visuelles), comme prédicteurs de futurs résultats scolaires. Maples montre, par exemple, que les capacités visuelles sont plus fiables que le statut économique pour prédire les résultats scolaires (25). L'aptitude visuelle motrice et (à un moindre degré) la binocularité et l'accommodation (19) figurent parmi les capacités visuelles qu'il mentionne. Nous considérons ces conclusions comme particulièrement pertinentes.

Ce lien entre capacités visuelles et résultats scolaires est fondamental, et plus encore en ce qui concerne le développement du potentiel intellectuel de l'enfant. Un lien de causalité entre anomalies visuelles et faibles compétences en lecture à l'école primaire a été établi depuis longtemps. Kavale K. a, par exemple, découvert en 1982 (28) que les enfants présentant des défauts de réfraction étaient nettement plus susceptibles d'avoir de plus faibles compétences en lecture que leur QI ne le laissait prévoir (29). Ceci nous incite à nous demander, comme l'a fait Thurston (30), combien d'enfants ne développent pas de bonnes compétences en lecture en raison de problèmes de vue non détectés ou non corrigés ? N'oublions pas qu'une grande partie des enfants qui présentent des troubles d'apprentissage (bien que cela varie énormément, de 60-80 % (31, 32) à 20 % (38)) ont des déficiences d'accommodation et de vergence (31, 32). Leurs principaux problèmes sont un défaut de convergence, une insuffisance d'accommodation et l'absence de flexibilité de vergence et accommodative. Les troubles d'apprentissage sont définis comme « un ensemble hétérogène de troubles se traduisant par des difficultés significatives dans l'acquisition et l'utilisation de l'écoute, de la parole, de l'écriture, du raisonnement ou des aptitudes mathématiques. » (33)

Le lien entre capacités visuelles et compétences en lecture peut être sujet à controverse, malgré le grand nombre d'études qui établissent ce lien. D'autres études n'ont pas permis de l'établir, ou n'ont pas atteint de conclusions aussi évidentes, comme pour Helveston et al (35) ou Kiely et al (36). Certaines études indiquent même que, dans certains cas, des dysfonctionnements visuels peuvent être la conséquence et non la cause de troubles de la lecture. (41). Quel que soit le cas, nous pouvons conclure qu'il existe un lien positif entre capacités visuelles, compétences en lecture et processus d'apprentissage. Nous pouvons affirmer que les élèves présentant des problèmes cognitifs sont plus susceptibles d'avoir des dysfonctionnements visuels, réfractifs ou autres (pathologiques, binoculaires). Ces dysfonctionnements peuvent avoir un impact négatif sur leur processus d'apprentissage et leurs activités quotidiennes (36).

Ces tâches, effectuées au cours du processus d'apprentissage, peuvent être réparties en deux phases

élémentaires (37) : l'acquisition de la lecture pendant les premières années d'école (phase 1) et, plus tard, la lecture comme vecteur d'apprentissage (phase 2). Le contrôle oculomoteur, la mémoire visuelle et la perception visuelle sont les capacités visuelles fondamentales de la 1^{ère} phase. Elles sont nécessaires pour la 2^e phase, mais un équilibre accommodation-vergence adéquat, la binocularité et l'acuité visuelle stéréoscopique sont également nécessaires à ce stade (36).

En fait, il semblerait que la plupart des processus d'apprentissage, scolaire ou non, sont basés sur la lecture, à la fois le fait de lire et l'interprétation de ce qui est lu. La vision est inhérente à la totalité du processus (même s'il existe des méthodes de lecture tactile tout aussi efficaces). Ceci nous incite à nous poser une autre question : comment lisons-nous ?

Qu'est-ce que la lecture, et comment lisons-nous ?

La lecture est un exercice complexe, qui demande une coordination de divers processus visuels, moteurs et cognitifs. Quel que soit le format choisi, c'est l'une des tâches visuelles les plus exigeantes (42), bien que la compréhension du texte lu soit tout aussi exigeante. Les raisons en sont multiples.

Contrairement au langage oral, inscrit dans nos gènes et inhérent à l'espèce humaine, la lecture (et donc l'écriture) est une invention. C'est l'un des premiers outils créés par l'homme. Saralegui et al. (39) affirment que le cerveau humain n'est pas intrinsèquement littéraire. L'utilisation de ces outils a exigé un « remodelage » de différentes parties du cerveau, qui n'étaient pas spécifiquement conçues pour la lecture. Comme suggéré par Dehane et al (40), le terme « recyclage neural » serait plus approprié. Ce processus se produit au niveau du gyrus temporo-occipital latéral (gyrus fusiforme).

Cependant, la lecture implique un processus cognitif constant, pendant lequel le cerveau ne cesse de décoder de multiples signaux (44, 45). Le cerveau interprète ces signaux, qui peuvent être visuels ou tactiles, par le biais d'un code orthographique, lexical et phonologique préétabli, qui les transforme en unités d'informations : les mots. Le cerveau décrypte et révèle alors le contenu du texte lu. De nombreux facteurs affectent et influencent ce processus (43). Le premier d'entre eux est la métalinguistique : la structure même de la langue utilisée. Les facteurs sociologiques et environnementaux sont externes, alors que les facteurs psychologiques et physiologiques sont internes.

Tous ces facteurs entrent en jeu au sein du système visuel, transformant la lecture en une harmonie complexe et coordonnée de mouvements oculaires. Le cerveau envoie des **fixations** et des **saccades** oculaires à un niveau neuronal supérieur (44), tout en contrôlant l'accommodation, le myosis et la vergence.

LE PROCESSUS DE LECTURE

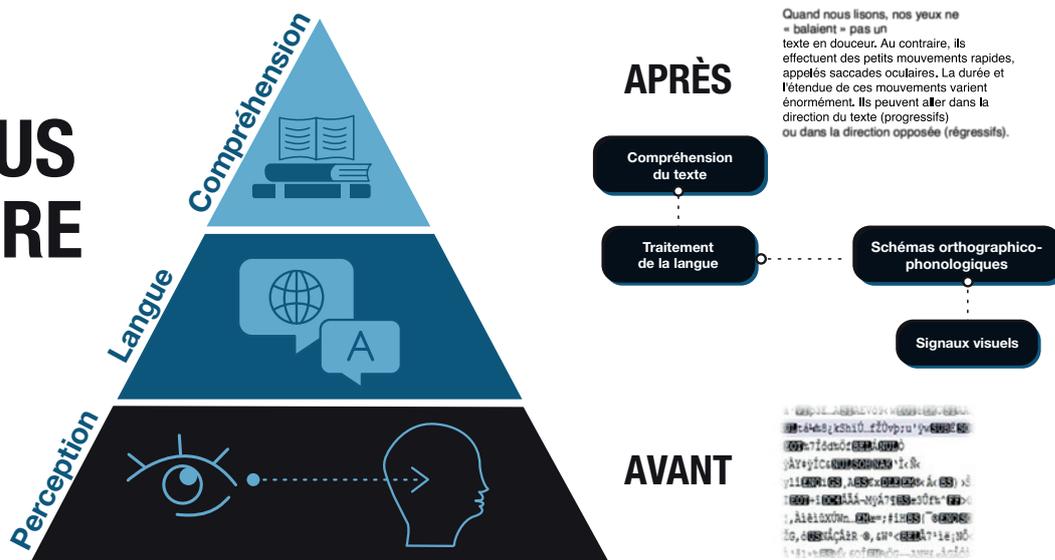


Fig. 2. Au bas du processus de lecture, on trouve la perception des signaux visuels, qui sont ensuite interprétés et traités par le biais d'un code commun de schémas orthographiques et phonologiques : le langage, qui est le vecteur de transmission et de compréhension du message.

Quand nous lisons, nos yeux ne « balaiant » pas un texte en douceur. Au contraire, ils effectuent des petits mouvements rapides, appelés **saccades** oculaires. La durée et l'étendue de ces mouvements varient énormément. Ils peuvent aller dans la direction du texte (progressifs) ou dans la direction opposée (régressifs). Pendant ces saccades, nous ne filtrons pratiquement pas d'informations (45, 46), cela se passe durant les **fixations**. Les fixations sont de très courte durée (plus ou moins 200-250 ms) pendant lesquelles l'œil conserve la même position. La plupart des études et des recherches se basent sur la quantité et le pourcentage de mouvements régressifs (le nombre de fois où l'on doit « revenir en arrière » pour relire le texte) et les durées de fixation, comme indicateurs de la difficulté à traiter un texte. Ces mesures sont largement utilisées (44, 56) et nous permettent d'évaluer objectivement les processus visio-cognitifs impliqués dans la lecture.

Le moment où l'œil filtre ces informations est appelé **empan perceptif**, un concept que nous considérons comme très important. On pourrait le définir comme étant la région du champ visuel d'où peuvent être encodées les informations visuelles (44). L'empan perceptif est cognitif, et non visuel. Voici quelques-unes de ses caractéristiques (44, 49, 50) :

1. Il est spécifique à la langue lue. Il s'étend asymétriquement de droite à gauche. Son étendue dépend de la langue. En anglais, par exemple, il s'étend à 14-15 caractères sur la droite, et 3-4 sur la gauche. L'asymétrie est inversée pour l'hébreu et l'arabe.
2. Il peut varier selon l'individu, en fonction de la langue lue.
3. Il est très similaire au sein de groupes de lecteurs qui utilisent le même alphabet et le même type d'orthographe, comme le galicien et le portugais. Plus une langue est « encodée », comme l'hébreu,

plus la « fenêtre » est réduite. Elle est encore plus réduite dans le cas des langues idéographiques comme le japonais.

4. Il varie avec l'âge, particulièrement en termes d'acquisition de la lecture.
5. La « fenêtre » d'empan perceptif est fondamentalement linéaire.

Ce dernier point [5] nous intéresse particulièrement, étant donné que l'empan perceptif ne va pas au-delà (ni vers le haut ni vers le bas) de la ligne en cours de lecture à un moment donné. Il nous paraît extrêmement pertinent comme élément clé pour présenter le texte au format hypertexte et numérique, particulièrement si l'on tient compte du point [4]. Nous y reviendrons plus tard, dans le second article de cette série.

De nombreuses études ont analysé ces mouvements oculaires, l'empan perceptif, et leur lien avec les processus cognitifs, la vivacité, l'attention, ainsi que la lecture (par ex. 46, 47, 48, 51). Elles sont arrivées à certaines conclusions, notamment :

- On constate moins de fixations chez les lecteurs rapides et elles sont de plus courte durée. Leurs saccades oculaires sont plus étendues, et ils effectuent moins de mouvements régressifs.
- Les lecteurs aguerris et rapides présentent un empan perceptif plus large.
- Les lecteurs très entraînés (ou qualifiés) présentent des fixations de moins longue durée. Ils filtrent les informations plus rapidement.

À propos de l'âge :

- Les enfants effectuent plus de saccades oculaires, particulièrement régressives, et de moindre amplitude. On pourrait dire qu'ils lisent par « petits sauts ».

- Plus l'enfant est jeune, plus la fixation dure longtemps.
- L'empan perceptif est considérablement plus réduit chez l'enfant, et il s'étend avec l'âge.

En termes de mouvements oculaires, l'enfant atteint le comportement de lecture « adulte » vers 11 ans (52). Cependant, cela ne signifie pas qu'il ait atteint la maturité, mais plutôt que les capacités lexicales et cognitives et les compétences en lecture pourraient déterminer le type de mouvements oculaires effectués. Blythe & Joseph (52) ont mentionné que : « ces différences de mouvements oculaires peuvent traduire une identification lexicale plus lente ou moins efficace chez l'enfant que chez l'adulte, même si les phrases [utilisées pour l'étude] sont adaptées à leur âge ».

Par conséquent, les compétences en lecture (rapidité et compréhension du texte) seraient étroitement liées aux capacités visuelles, qui communiquent entre elles par feedback mutuel. Comme expliqué par Kriber et al (46), « de meilleures compétences en lecture peuvent réduire le nombre de mouvements oculaires requis pour traiter les informations écrites. »

Nous devons à présent définir si les mouvements oculaires changent lors de la lecture sur des dispositifs numériques, et si le comportement du lecteur se modifie en fonction du format. Selon les études menées par Zambardi & Carniglia (54), ce n'est pas le cas : la lecture sur liseuse électronique ne diffère pas de la lecture d'un texte imprimé, du moins en termes de comportement oculomoteur. Sigenthaler et al (55) confirment ces conclusions, après avoir comparé la lecture sur différents dispositifs (liseuses iPad et Sony) et sur des livres papier. Ils ont constaté que la durée de fixation ne varie pas d'un format à l'autre. Les conclusions sont différentes pour les ordinateurs, pour lesquels la durée de fixation est beaucoup plus longue.

Bien que, dans une étude précédente, Sigenthaler et al (56) aient constaté que « le comportement de lecture sur liseuses électroniques soit très similaire à celui sur texte imprimé », ils ont remarqué certaines différences en termes de durée de fixations. C'est-à-dire qu'elles étaient plus longues pour le format numérique. Ceci semble indiquer que ce format exige plus d'efforts pour filtrer les informations. Cependant, une des conclusions de cette recherche est particulièrement intéressante pour nous, en tant qu'optométristes : les sujets pouvaient choisir la taille de police de caractères la plus confortable pour eux, ce qui donnait des différences de tailles et de formatage d'écran pour un même texte. On pourrait donc en conclure que, plus la taille de police de caractères est élevée (jusqu'à un certain point), moins les compétences en lecture sont bonnes. Ce comportement est typique chez les « nouveaux » presbytes et les patients hypermétropes sans correction qui « résistent » — pour diverses raisons sans importance ici — afin de compenser leurs défauts de réfraction, ce qui peut affecter leur capacité de lecture. Pour nous, cela constitue un argument très clair en faveur d'une prescription précoce pour corriger les défauts de réfraction dans cette tranche d'âge.

Néanmoins - du point de vue des essais cliniques - si l'on suppose que la durée de fixation et le pourcentage de saccades oculaires régressives indiquent un degré de difficulté de lecture (24), alors « la lecture sur liseuse électronique ou sur support papier ne présente pas de différences significatives en termes de comportement oculomoteur », selon Zambardi & Carriglia (53). Cependant, si les nombreux essais cliniques (1, 2, 3, 4) selon lesquels l'efficacité de lecture et les performances cognitives sont moins bonnes pour le format numérique que pour le support papier sont corrects, mais que le processus oculomoteur lié à la lecture ne diffère pas d'un format à l'autre... où le problème se situe-t-il alors ? Nous nous trouvons dans une impasse.

Il se peut que nous devions analyser les disparités entre ces formats et identifier si des changements posturaux, visuels, cognitifs ou autres pourraient être dus à l'utilisation de dispositifs numériques, quels qu'ils soient, et si ces changements pourraient, à leur tour, entraîner des différences de performances visuelles, de lecture et cognitives. Nous allons à présent nous concentrer sur notre comportement lors de l'utilisation de dispositifs numériques et ses caractéristiques.

Fin de l'article 1/3



INFORMATIONS CLÉS

- Les systèmes d'enseignement se tournent vers le tout numérique, ce qui soulève de nombreuses questions, notamment a) cela a-t-il des conséquences sur la santé oculaire, et b) le format d'apprentissage a-t-il un impact sur les performances de lecture et cognitives ?
- Il existe un lien positif entre capacités visuelles, compétences en lecture et processus d'apprentissage. En fait, les capacités visuelles peuvent permettre de prédire les résultats scolaires.
- La lecture sur format numérique ne diffère pas de la lecture sur format papier en termes de comportement oculomoteur.
- Certains éléments indiquent que les performances de lecture et cognitives sont moins bonnes pour le format digital. Nous devons donc examiner les disparités en termes de changements posturaux, cognitifs et visuels d'un format à l'autre.

RÉFÉRENCES. ARTICLE 1/3.

1. Miall D.S., Dobson T. Reading hypertext and the experience of literature. *Journal of digital information*. 2006; 2(1).
2. Murphy P.K., Long J.F, Holleran T.A., Esterly E. Persuasion online or on paper: a new take on an old issue". *Learning and Instruction*. 2003; vol 13:511-32.
3. Destefano D., LeFreve J.A. Cognitive load in hypertext Reading: a review. *Computers in Human Behaviour*. 2007; 23(3): 1616-41.
4. Wästlund E. et al. Effects of VDT and paper presentation on consumption and production of information: psychological and physiological factors. *Computers in Human Behaviour*. 2005; 21:377-394
5. UNESCO. COVID-1 Educational Disruption and Response. <https://en.unesco.org/themes/education-emergencies/coronavirus-school-closures>. Visitada 04-05-2020.
6. W.H.O. International classification of diseases. ICD-10.
7. <https://www.who.int/classifications/icd/icdonlineversions/en>. Visitada 13-09-2019.
8. Anjila B., Pragnya B. et al. Computer Vision Syndrome prevalence and associated factors among the medical students in Kist Medical College. *Nepal Med J*. 2018; 1:29-31
9. Agarwal S., Goel D., Sharma A. Evaluation of factors which contribute to the ocular complaints in computer users. *J Clin Diag Res*. 2013; 7(2):331-335.
10. Sheppard A.L., Wolffshon J.S. Digital Eye Strain: prevalence, measurement and amelioration. *BMJ Open Ophthalmology*. 2018; 3e000146.
11. Porcar E., Montalt J.C., Pons A., España-Gregori E. Symptomatic accommodative and binocular dysfunctions from the use of flat-panel displays. *Int J Ophthalmol*. 2018; 11(3): 501-505.
12. Yan Z et al. Computer Vision Syndrome: a widely spreading but largely unknown epidemic among computer users. *Computers in Human Behaviour*. 2008; 24:2026-42.
13. Daum K., Clore K.A., et al. Productivity associated with visual status of computer users. *Optometry (St. Louis, Mo.)*. 2004; 75(1):33-47.
14. Navel V., Beze S., Dutheil F. COVID-19, sweat, tears... and myopia?. *Clinical and Experimental Optometry*. 2020. Letters to the Editor.
15. Ritty JM., Solan HA., Cool SJ. Visual and sensory-motor functioning in the classrooms: a preliminary report of ergonomic demands. *J Am Optom Assoc*. 1993; 60:238-244.
16. Narayanasamy S., Vincent S.J., Sampson G.P., Wood J.M. Visual demands in modern Australian primary school classrooms. *Clin Exp Optom*. 2016 May;99(3):233-40. doi: 10.1111/coo.12365. Epub 2016 Feb 17. PMID: 26889920
17. Negiloni K., Ramani KK., Sudhir RR. Do School classrooms meet the visual requirements of the children and recommended vision standards? *PLoS ONE*. 2017; 12(4): e0174983.
18. Langford A., Hug T. Visual demands in elementary school. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2010; 47:152-6.
19. Dirani M. et al. The Role of vision in academic school performance. *Ophthalmic Epidemiol*. 2010; 17(1): 18-24.
20. Maples WC. Visual factors that significantly impact academic performance. *Optometry* 2003; 74:35-49.
21. Kedzia B. Tondel G. et al. Accommodative facility test results and academic performance. *Optometry* 2003; 74:35-49.
22. Pellegrini M. et al. May home confinement during covid-19 outbreak worsen the global burden of myopia?. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. Letter to the Editor. Published on line. 04-05-2020. <https://doi.org/10.1007/s00417-020-04728-2>.
23. Saxena R. et al. Incidence and progression of myopia and associated factors in urban school children in Delhi: The North India Myopia Study (NIM Study). *PLoS one*. 2017; 12(12) e0189774.
24. Leone J., Mitchell P. et al. Use of visual acuity to screen for significant refractive errors in adolescents. Quelle histoire extraordinaire se cache derrière cet évènement ? *Arch. Ophthalmol*. 2010; 128:894-899.
25. Kulp MT., Schmidt PP. A pilot study. Depth perception and near stereoacuity: is it related to academic performance in young children? *Binocul Vis Strabismus Q*. 2002;17:129-134.
26. Maples WC. A comparison of visual abilities, race and socioeconomic factors as predictors of academic achievement. *J Behav Optom*. 2000; 7:39-42.
27. Macdonald K., Milne N., Orr R., Pope R. Relationships between motor proficiency and academic performance in mathematics and reading in school-aged children and adolescents: a systematic review. *Int. J. Environ Res Public Health*. 2018;15, 1603.
28. Chagas D.V. et al. Relationships between motor coordination and academic achievement in middle school children. *Int J Exerc Sci*. 2016; 9:616-624.
29. Kavale K. Meta-analysis of the relationship between visual perceptual skills and reading achievement. *Journal of learning Disabilities*. 1982; 15:42-51.
30. Stewart-Brown S.L. et al. Educational attainment of 10-year-old children with treated and untreated visual defects. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 1985; 27:504-513.
31. Thurston A. The potential impact of undiagnosed vision impairment on reading development in the early years of school. *International Journal of Disability Development and Education*. 2014; 61(2):152-164.
32. Hussaindeen J.R. et al. Efficacy of vision therapy in children with learning disability and associated binocular vision anomalies. *Journal Of Optometry*. 2018; 11:40-48
33. Muzaliha MN., Buang N., Adil H et al. Visual acuity and visual skills in Malaysian children with learning disabilities. *Clin Ophthalmol*. 2011; 6:1527-33.
34. Hammill DD. Leigh JE., Mc Nutt G., Larsen SC. A new definition of learning disabilities. *Learn Disabil Q*. 1988; 11:217-33.
35. Bonilla-Warford, Nathan et al. A Review of the Efficacy of Oculomotor Vision Therapy in Improving Reading Skills. *s. J Optom Vis Dev*. 2004;35(2):108-115.
36. Helveston EM et al. Visual function and academic performance. *Am J Ophthalmol*. 1985; 99:346-355.
37. Kiely PM et al. Is there an association between functional vision and learning to read? *Clin Exp Opt*. 2001; 84:346-353.
38. Scheiman MM., Rouse MW. *Optometric Management of learning related vision problems*. 1st edition. St Louis. Mosby; 1994:134-146.
39. Tsao W-S., Hsieh H-P., Chuang Y-T., Sheu M-M. Ophthalmologic abnormalities among students with cognitive impairment in eastern Taiwan: the special group with undetected visual impairment. *Journal of the Formosan Medical Association*. 2017; 116:345-350.
40. Saralegui I., Ontañón J.M., Fernández-Ruanova B. et al. Reading networks in children with dyslexia compared to children with ocular motility revealed by fMRI. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014; 8(936).
41. Dehane S., Cohen L. Cultural recycling of cortical maps. *Neuron*. 2007; 56:384-398.
42. Olulade et al. Abnormal visual motion processing is not a cause of dyslexia. *Neuron*. 2013; 79:180-190.
43. Sheedy J. Visual Fatigue. *Points de Vue. Revue Internationale d'Optique Ophthalmique*, Printemps 2014. N70
44. Castles A., Datta H., Gayan J., Olson RK. Varieties of developmental reading disorder: genetic and environmental influences. *J Exp Child Psychol*. 1999; 72: 73-94.
45. Reichle ED., Rayner K., Pollatsek A. The E-Z reader model of eye-movement control in reading: comparisons to other models. *Behav Brain Sci*. 2003; 26(4):445-476.
46. Krieger M. et al. The relation between reading skills and eye movement patterns in adolescents readers: evidence from a regular orthography. *PLoS ONE*. 2016; 11(1): e0145934
47. Rayner K. Eye movements and the perceptual span in beginning and skilled readers. *J Exp Child Psychol*. 1986; 41:211-236.
48. Rayner K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychol Bull*. 1998; 124(3): 372-422
49. Everatt J., Underwood G. Individual differences in reading subprocesses: relationships between reading ability, lexical access, and eye movement control. *Lang Speech*. 1994; 37(3):283-297.
50. Rayner K. Slattery TJ. Belanger NN. Eye movements, the perceptual span, and reading speed. *Psychon Bull Rev*. 2010; 17(6): 834-9.
51. Kwon M., Legge GE., Dubbels BR. Developmental changes in visual span for reading. *Vision Res*. 2007; 47(22):2889-2900.
52. Ashby J., Rayner K., Clifton C. Eye movements of highly skilled and average readers: differential effects of frequency and predictability. *Q J Exp Psychol A*. 2005; 58(6): 1065-86.
53. Blythe HI., Joseph HSSL. Children's eye movement during reading. *The Oxford handbook of eye movement*. Oxford University Press. 2011.
54. Zambardi D., Carniglia E. Eye movement analysis of reading from computer displays, eReaders and printed books. *Ophthalmol Physiol Opt*. 2012; 32:390-96.
55. Siegenthaler E., Wyss M., Schmid I., Wurtz P. LCD vs E-ink an analysis of the reading behavior. *J Eye Mov Res*. 2012; 5:5
56. Siegenthaler E., Wurtz P., Bergamin P., Groner R. Comparing reading processes on e-ink displays and print. *Displays*. 2011; 32:268-273.
57. Just MA., Carpenter PA. A theory of reading: from eye fixation to comprehension. *Psychol Rev*. 1980; 7:329-354.