

EFFETS DES ECRANS SUR LE DÉVELOPPEMENT VISUEL DES ENFANTS

Auteur : Dr Langis Michaud, O.D. M.Sc. – Professeur Titulaire – Université de Montréal

1.0 Introduction : anatomie de l'œil- les composantes réfractives

L'œil humain est un organe complexe, doté d'une précision d'horloger suisse, qui assure notre rapport avec le monde extérieur et notre apprentissage en tant qu'humain. Chez les personnes voyantes, 80% de ce que l'on apprend passe par les yeux¹. Au plan neurologique, l'importance du sens de la vision est manifeste : près de 50% des neurones du cortex sont dédiés à l'interprétation des signaux visuels², comparativement à 8% pour le toucher et 3% pour l'audition.

L'œil en lui-même se compose de plusieurs parties importantes en terme réfractif. La lumière qui nous atteint et qui permet de former les images passe à travers de différentes structures qui modulent et changent sa direction, afin de créer l'image la plus précise possible :

- *Le film lacrymal* : Première surface réfractive, les larmes permettent de créer une surface claire et uniforme de l'œil. La présence d'une sécheresse oculaire peut pénaliser la qualité de la vision
- *La cornée* : Structure transparente en surface de l'œil. Sa forme convexe permet de concentrer les rayons de lumière, à la manière d'une loupe. Si la cornée perd sa transparence, la vision est automatiquement altérée.
- *La chambre antérieure* : Espace entre l'iris (couleur de l'œil) et la cornée. Sa profondeur peut influencer à la marge le développement de la vision chez l'enfant.
- *La pupille* : Partie noire, centrale de l'œil. Elle est munie de muscles qui permettent d'en faire varier la grandeur en fonction du degré de lumière auquel on est exposé. De récentes études³ indiquent que cette modulation est impliquée dans le phénomène d'emmétropisation, expliqué ci-après.
- *Le cristallin* : Lentille naturelle de l'œil qui peut modifier sa forme sous la contraction de certains muscles internes. Elle gonfle pour permettre la vision de près (focus- accommodation) et s'applatit pour une meilleure vision au loin. Ses courbures se modifient, lors de la croissance, en fonction de l'élongation de l'œil. Sa taille augmente durant toute notre vie : après 45 ans, son volume et son élasticité contribuent à faire apparaître la presbytie.

¹ Kovarski C. Les troubles visuels et l'apprentissage scolaire. Impact chez les adolescents et mise à jour sur l'évaluation clinique. Thèse de doctorat. Institut de Psychologie. Université Lumière Lyon 2. Laboratoire Santé Individu et Société (EAM 1428). 2015

² Hagen S. The Mind's eye. https://www.rochester.edu/pr/Review/V74N4/0402_brainscience.html. (consulté le 5 janvier 2020)

³ Ostrin LA, Liu Y, Choh V, Wildsoet CF. The role of the iris in chick accommodation. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2011 Jul 1;52(7):4710-6. doi: 10.1167/iops.10-6819.

- *La chambre postérieure* Se situe derrière le cristallin et devant la rétine. Elle joue un rôle passif mais important dans le phénomène d’emmétropisation⁴. Sa taille s’adapte en fonction de l’élongation de l’œil.

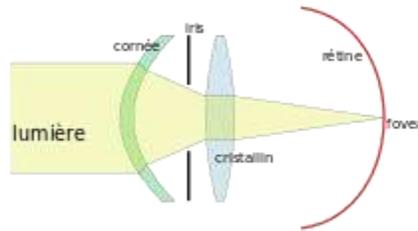


Fig 1 : Schéma optique de l’œil humain⁵

2.0 Le développement de l’œil humain- aspects réfractifs.

La vision se développe par stimulation et ne devient mature qu’après quelques années. Privés d’une exposition directe à la lumière, les yeux ne s’ouvrent qu’à la 24^e semaine, in utero, et le bébé naissant n’a donc qu’une capacité réduite de vision, se limitant à la perception de plages lumineuses grossières. Cependant, très rapidement, à mesure que l’exposition à la lumière naturelle du jour augmente, le système nerveux oculaire se développe et permet au bébé d’être attiré par les couleurs vives, puis de percevoir des formes de plus en plus complexes placées devant lui.⁶



Fig 2 : Perception de l’adulte vs le nouveau-né, à 30 centimètres⁷.

⁴ Earl L. Smith, III, Chea-su Kee, Ramkumar Ramamirtham, Ying Qiao-Grider, Li-Fang Hung Peripheral Vision Can Influence Eye Growth and Refractive Development in Infant Monkeys. Invest Ophthalmol Vis Sci. Author manuscript; available in PMC 2007 Jan 4.

⁵ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cristallin>

⁶ Boyd K. Lipsky S.N. Baby’s vision development: what to expect the first year. American Academy of Ophthalmology website. <https://www.aao.org/eye-health/tips-prevention/baby-vision-development-first-year> (consulté le 5 janvier 2020).

⁷ Von Hofsten O, von Hofsten C, Sulutvedt U, Laeng B, Brennen T, Magnussen S. Simulating newborn face perception. *Journal of Vision*, 2014;14, 16.

A partir de 2 mois, il peut reconnaître les traits du visage d'un proche, placée à une distance de 20 à 30 centimètres devant lui. A l'âge d'un an, sa vision s'est améliorée de 400% et l'enfant voit précisément des objets plus éloignés. Son acuité visuelle est alors d'environ 6/15, i.e. qu'il doit s'approcher à 6 mètres pour bien voir ce qu'un adulte à la vision normale verrait à 15 mètres. Puis, à 2 ans, il atteint la vision normale, en autant que les deux yeux aient été stimulés normalement durant cette période.⁸

Suivra ensuite une lente période de développement de la vision binoculaire, soit une étape cruciale permettant une coordination de la vision des deux yeux⁹. Cette étape est essentielle pour toutes les activités de décodage et d'apprentissage. En effet, les yeux doivent apprendre à coordonner leurs mouvements pour fixer au même endroit précis, au même moment, et bouger de façon similaire. Ensuite, l'image transmise par l'œil droit au cerveau visuel, situé derrière la tête, doit correspondre à celle transmise par l'œil gauche, afin que les deux soient interprétées adéquatement, puis mariées ensemble afin de créer la perception de la troisième dimension. Il s'agit d'une étape complexe qui requiert que les neurones communiquent continuellement entre eux et développent les liens nécessaires, entre les deux hémisphères du cerveau. Cette relation est d'autant complexe que, au plan de chacun des deux yeux, diverses cellules nerveuses réagissent différemment à différents stimuli, permettant d'interpréter la forme, le mouvement des objets, l'intensité variable de la luminosité, puis des couleurs. Ainsi, certaines cellules réagissent à un stimulus vertical, d'autres à un stimulus oblique, alors que certaines ne répondent qu'à une stimulation provenant d'un plan horizontal. Trois types de cellules codent les couleurs et leur signal en trois volets procurent la perception des nuances.

En marge de cette organisation nerveuse qui se complète vers l'âge de 8 à 10 ans¹⁰, l'œil grandit à mesure que la croissance physique de l'enfant se poursuit. Cela implique que l'œil s'allonge. Cet allongement serait immédiatement associé à un embrouillement s'il n'était pas compensé automatiquement par un changement des autres structures oculaires responsables de la réfraction : la cornée et le cristallin, au premier chef, puis, de façon moindre, les chambres antérieures et postérieures. Chacune de ces structures modifie sa dimension ou ses courbures afin de compenser pour l'élongation du globe oculaire : c'est le phénomène de l'emmétropisation.

2.1 Facteurs d'influence et conséquences de l'emmétropisation.

Le processus de l'emmétropisation vise à maintenir une vision normale à mesure que l'œil grandit. Si il y a un défaut dans ce processus, il y a aura automatiquement une perte de la vision nette, soit à distance, soit au près ou aux deux endroits.

⁸ Orquin, J. le développement de la vue chez L'enfant. Site Naître et Grandir.

https://naitreetgrandir.com/fr/etape/0_12_mois/developpement/fiche.aspx?doc=naitre-grandir-developpement-sens-vue#_Toc292208211 (consulté le 5 janvier 2020)

⁹ Horwood AM. Typical and Atypical Development of Ocular Alignment and Binocular Vision in Infants – The Background. <https://www.aao.org/disease-review/typical-atypical-development-of-ocular-alignment-b> (consulté le 5 janvier 2020)

¹⁰ Braddick O, Wattam-Bell J, Day J, Atkinson J. The onset of binocular function in human infants. *Human Neurobiology*. 1983;2:65-69.

La majorité des enfants naissent avec une hypermétropie, i.e. que l'œil est un peu trop court pour sa puissance réfractive. Cela peut se compenser facilement par le travail du cristallin qui, en se gonflant, ramène les images claires devant la rétine.

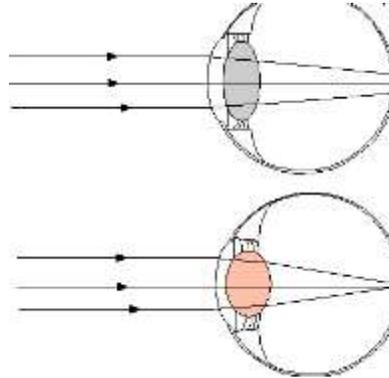


Fig 3 : Schéma de l'œil hypermétrope (en haut)- l'image se forme derrière la rétine et peut être perçue comme floue, à distance et au près. En dessous, l'œil accommode (le cristallin se gonfle) et rétablit la clarté de l'image.¹¹

Avec le temps, cette hypermétropie se corrige d'elle-même à mesure que l'œil s'allonge avec la croissance naturelle. Au même temps, le cristallin s'aplatit naturellement et devient moins puissant. De même, la courbure de la cornée s'aplatit légèrement aussi. Le tout contribue à maintenir l'équilibre entre la puissance de l'œil et sa longueur. C'est l'emmétropisation.

Si cet équilibre est rompu, la majorité du temps c'est que l'œil continue à s'allonger sans que, cette fois, les autres structures ne modifient leurs courbures ou leurs volumes. L'image optique se forme donc en avant de la rétine qui s'est éloignée : l'œil devient myope.

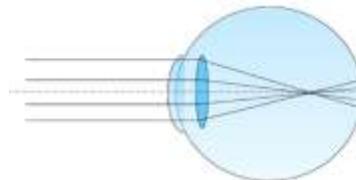


Fig 4 : Schéma de l'œil myope.¹²

¹¹ <https://cours.etsmtl.ca/seg/ahenault/PHY335/complements/oeil/oeil6.htm>

¹² <https://www.easy-verres.com/verres-teinte-marrons>

Une fois la myopie installée, l’emmétropisation ne peut pas être restaurée et avec la croissance continue, de même qu’en raison d’autres facteurs optiques et environnementaux, la myopie va progresser¹³.

3.0 Impact des écrans sur le phénomène d’emmétropisation et de myopisation

Comme nous venons de le mentionner, plusieurs facteurs, autres que liés à la croissance naturelle de l’œil, peuvent générer et contribuer au développement et à la progression de la myopie. Les éléments suivants seront abordés : luminosité des écrans et d’ambiance, aberrations chromatiques, distance d’observation, absence des signaux d’arrêts, et finalement correction visuelle. Ces aspects seront analysés en fonction du développement visuel de l’enfant mais également du jeune adulte.

3.1 Luminosité des écrans et d’ambiance

Les écrans et les tablettes émettent de la lumière visible. Dans cette frange, les rayons de longueur d’onde plus courtes ont fait l’objet de débat quant à leur potentiel effet négatif sur de multiples aspects, dont le système visuel. Ceci concerne des longueur d’ondes situées entre 400 et 495 nanomètres (nm), et de façon particulière celles définissant la lumière violet-bleue potentiellement toxique¹⁴, soit celles de plus haute énergie et situées entre 415 et 455 nm.

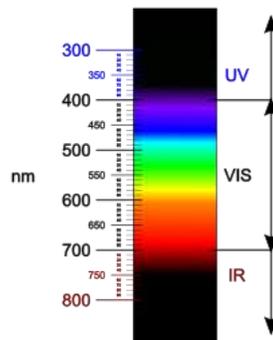


Fig. 5. Spectre de la lumière visible, incluant la lumière bleue.¹⁵

Ces longueurs d’onde sont présentes dans les appareils électroniques utilisant la technologie OLED mais sont également associées aux éclairages modernes, favorisés en raison de leur aspect positif quant à l’économie d’énergie, soit les lumières de type LED.

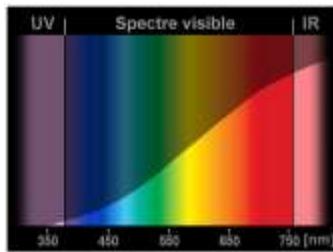
¹³ David Troilo, Earl L. Smith, III, Debora L. Nickla, Regan Ashby, Andrei V. Tkatchenko, Lisa A. Ostrin, Timothy J. Gawne, Machel T. Pardue, Jody A. Summers, Chea-su Kee, Falk Schroedl, Siegfried Wahl, Lyndon Jones. IMI – Report on Experimental Models of Emmetropization and Myopia. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2019 Feb; 60(3): M31–M88. doi: 10.1167/iovs.18-25967

¹⁴ Renard G, Leid J. Les dangers de la lumière bleue: la vérité ! J Fr Ophtalmol. 2016 May;39(5):483-8. doi: 10.1016/j.jfo.2016.02.003. Epub 2016 Mar 31.

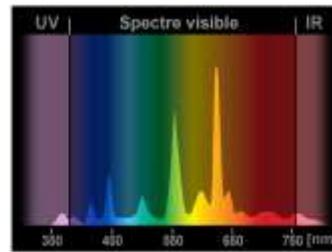
¹⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_blue_light_technology

3.1.1. Les effets potentiels de la lumière LED

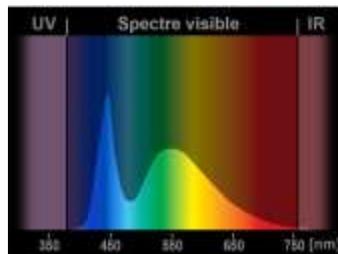
Les graphiques suivants illustrent les spectres d'émission de divers types d'éclairage¹⁴ :



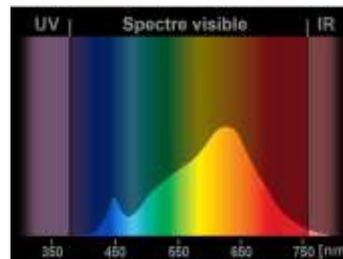
Lumière halogène standard
Peu d'émission dans le bleu



Lampe fluo-compacte
Émission bleue accrue



Lumière LED – couleur naturelle 6000K
Pic important de la lumière bleue



Lumière LED – blanc chaud 2700K
Pic réduit de lumière bleue

Dès 2001, des travaux effectués sur les singes soulèvent des inquiétudes quant à une exposition intensive aux lumière LED et ce, au plan de la santé oculaire¹⁶. D'autres rapports, publiés en 2011 et en 2013, sont venus soutenir encore d'avantage les inquiétudes soulevées par leur utilisation. Il n'existe cependant aucune étude qui prouve l'effet des lumière LED à long terme, ou sur le cumul de l'exposition dans le temps. De même, les graphiques précédents illustrent les différences de spectre qui peuvent exister à l'intérieur de la famille des lampes LED.

3.1.2 Les écrans

Il existe trois types d'écrans, composés de sous-pixels rouge, verts et bleus juxtaposés : écran classique LCD, écrans LCD éclairés par LED, écrans OLED.

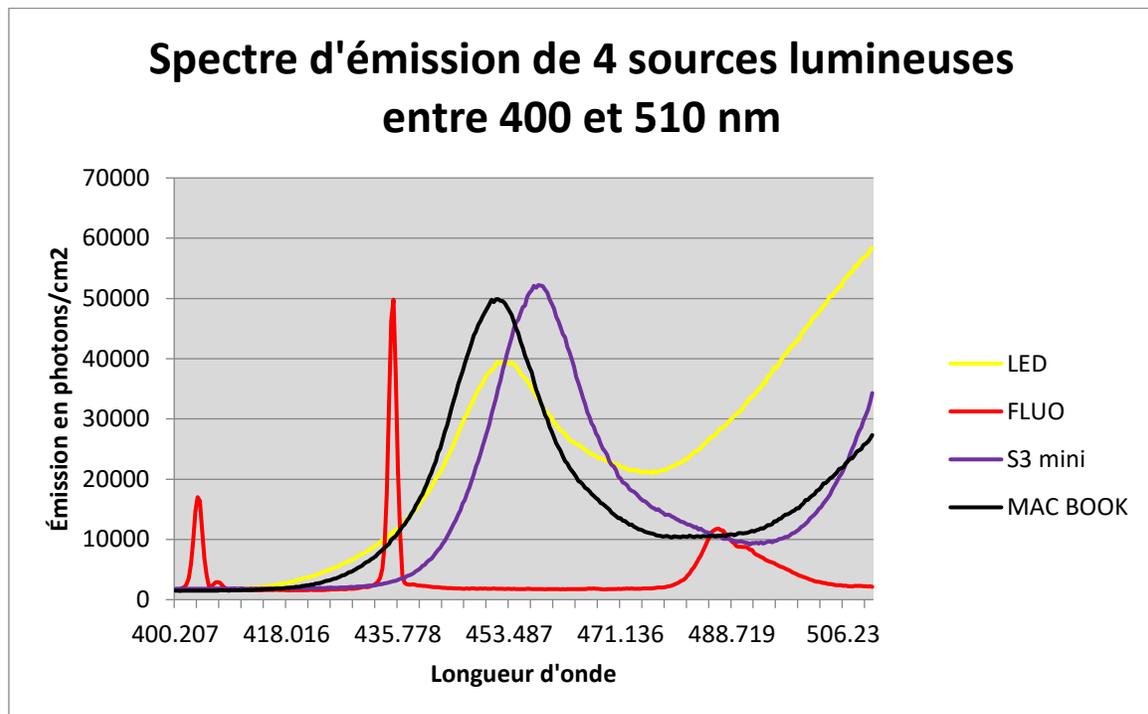
L'écran classique se compose de tubes fluorescents qui doivent traverser le media LCD pour atteindre l'utilisateur. Ainsi, il y a peu de chances d'exposition à la lumière bleue.

Dans l'écran LCD –LED, les tubes fluorescents sont remplacés par des diodes. Ici également, comme la lumière des diodes doit traverser la dalle LCD, il y a peu d'impact de la lumière bleue directement sur l'utilisateur.

¹⁶ Dawson W, Nakanishi-Ueda T, Armstrong D, Reitze D, Samuelson D, Hope M, et al. Local fundus response to blue (LED and laser) and infrared (LED and laser) sources. *Exp Eye Res* 2001;73:137–47.

Dans l'écran OLED (téléphones modernes), chaque pixel devient sa source et émet sa propre lumière. C'est ce qui permet de réduire l'épaisseur des écrans et donc des appareils. La quantité de lumière potentiellement toxique émise est faible comparativement à un éclairage ambiant au LED. Par contre, en théorie, plus la distance d'observation est rapprochée et plus le temps d'exposition est long, plus important peut être le dommage encouru au plan visuel¹⁴.

En comparaison, voici le graphique d'émission de produits électroniques et d'éclairage (MacBook = tablette, s3mini = téléphone avec écran OLED)¹⁷. Les pics d'émission des appareils électroniques sont comparables aux émissions reliées à la lumière LED classique et couvrent une plus grande aire que celle d'un éclairage fluo-compact.



Outre les effets potentiels sur la santé oculaire, discutés ailleurs, l'exposition aux courtes longueur d'onde est associée à une perturbation visuelle principalement causée par la dispersion lumineuse. Ainsi, la lumière à 400 nm disperse 7.2X plus qu'à 656 nm. De façon concrète, cela crée un voile lumineux qui diminue le contraste des objets visualisés. Ce voile stimule aussi les voies nerveuses responsables de la photophobie¹⁸. Cette gêne visuelle crée une fatigue à l'utilisateur, ce qui peut générer de l'asthénopie, une perte d'attention et éventuellement des

¹⁷ Frenette, B. Éclairage, TBI, tablettes: comprendre leur impact afin d'adapter l'école et optimiser le rendement visuel des enfants. Conférence présentée à l'Institut des Troubles de l'Apprentissage (ITA) en mars 2017.

¹⁸ James A. Davison, Anil S. Patel, Joao P. Cunha, Jim Schwiegerling, Orkun Muftuoglu Reply to letter from Mainster M.A. & Turner P.L. titled "Blue light's benefits vs blue-blocking intraocular lens chromophores" Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2012 Aug; 250(8): 1247–1248. Published online 2011 Aug 7.

symptômes oculaires identifiés sous le nom de « computer vision syndrome ».¹⁹ Cette atteinte est partiellement compensable avec une correction optique appropriée, mais les résultats ne sont pas statistiquement probants²⁰. De façon attendue, les symptômes augmentent avec le temps d'utilisation, notamment si les conditions ergonomiques ne sont pas optimales (distance de travail, éclairage ambiant, réflexions parasites, temps de pause requis non observés, posture, etc.) De plus, l'usage prolongé des téléphones intelligents a été associé à une toxicité des cellules de surface de la cornée, de même qu'au développement de la sécheresse oculaire, ce qui peut perturber la vision, comme nous l'avons déjà mentionné, et ainsi causer d'avantage de fatigue oculaire²¹.

3.1.3 Distance d'observation

La distance normale de la lecture doit être celle de l'avant-bras, ce qui implique une moyenne de 40 cm chez l'adulte et de 33 cm chez l'enfant²². Les tests cliniques évaluant la vision et la vision binoculaire s'opèrent de façon habituelle à 40 cm, en position de tête droite.

Or, les utilisateurs d'écrans et de téléphones intelligents consultent les écrans à une distance beaucoup plus rapprochée, soit entre 18 et 30 cm. Une telle distance plus rapprochée peut avoir des conséquences sur la performance visuelle. L'accommodation (faire le focus au près) et la convergence (yeux qui se rapprochent pour fixer au près) sont d'avantage sollicités, et tout défaut de la vision binoculaire peut être augmenté dû à cet effort supplémentaire. Une fatigue visuelle plus importante et des symptômes d'inconfort (CVS) plus marqués sont également notés chez les utilisateurs de téléphone intelligents.²³

3.1.4. Vision binoculaire

Comme nous l'avons mentionné, l'enfant développe sa vision binoculaire entre l'âge de 2 ans jusqu'à 8-10 ans. Le système visuel et neurologique est alors pleinement malléable et influençable par les stimuli externes.

Il est établi que les enfants en bas âge sont exposés de façon importante aux médias électroniques. Une étude européenne identifie que, à 3 ans, 68% des enfants utilisent

¹⁹ KY Loh, SC Redd. Understanding and Preventing Computer Vision Syndrome. *Malays Fam Physician*. 2008; 3(3): 128–130. Published online 2008 Dec 31.

²⁰ Pauline Heus, Jos H Verbeek, Christina Tikka. Optical correction of refractive error for preventing and treating eye symptoms in computer users. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Apr; 2018(4): CD009877. Published online 2018 Apr 10.

²¹ Jung Han Choi, Ying Li, Seon Ho Kim, Rujun Jin, Yung Hui Kim, Won Choi, In Cheon You, Kyung Chul Yoon. The influences of smartphone use on the status of the tear film and ocular surface. *PLoS One*. 2018; 13(10): e0206541

²² Lagacé, JP. Posture et vision. <https://jplagaceopto.wordpress.com/tag/distance-de-harmon/> (consulté le 5 janvier 2020).

²³ Long J, Cheung R, Duong S, Paynter R, Asper L. Viewing distance and eyestrain symptoms with prolonged viewing of smartphones. *Clin Exp Optom*. 2017 Mar;100(2):133-137. doi: 10.1111/cxo.12453. Epub 2016 Sep 8.

régulièrement un ordinateur et 54% sont actifs sur internet.²⁴ A 9 ans, les enfants passent 3.6 heures par jour sur les écrans.²⁵

Ceci est d'une importance cruciale, comprenant que le système visuel de l'enfant, immature, est ainsi exposé à des stimulations très importantes au plan visuel, un effort qu'il ne peut pas souvent supporter.

Avec le temps, ce problème peut s'accroître et s'aggraver : les effets cumulatifs de l'exposition à des stimuli négatifs étant présumés, bien que non prouvés par des études randomisées. Ainsi, une étude mentionne que le défaut d'alignement des yeux (hétérophories) atteint de 1.4 à 8.8% des enfants d'âge scolaire, alors que l'insuffisance de convergence (les yeux ne peuvent fixer et focaliser sur un texte rapproché) affecte de 6 à 11% d'entre eux, que l'insuffisance accommodative est présente chez 11.1% de ceux-ci.²⁶ Une autre étude²⁷ confirme ces résultats, imputant une insuffisance de convergence à 14% des enfants testés (n=964), alors que les problèmes d'accommodation/convergence étaient légèrement plus fréquents (17%). Le strabisme peut également se retrouver (3.5%) mais est souvent détecté plus tôt en raison de l'apparence évidente d'un œil dévié. Chez ceux qui ont une vision binoculaire relativement normale au primaire, 12% des enfants développent d'avantage d'ésophorie avec le temps, soit une tendance à aligner les yeux vers le nez, en réponse à l'augmentation de la tâche au près apporté par l'école et les besoins en lecture²⁸. Or, l'ésophorie, en bas âge, est un facteur prédisposant au développement de la myopie dans les années qui suivent ce changement.

C'est en ce sens que l'on peut potentiellement associer l'usage des écrans à la myopisation : de par l'effort accommodatif trop important pour le système visuel, à un moment du développement de l'enfant où le système est immature, ainsi qu'à l'exposition à un éclairage déficient (LED et OLED) qui augmentent le stress visuel. L'effet est d'avantage marqué chez les enfants qui présentent déjà des problèmes de vision binoculaire. C'est comme demander à un handicapé, non entraîné, de courir un marathon!

3.1.5 Autres facteurs

Les écrans émettent via des pixels de diverses couleurs. Or, ces longueurs d'onde différentes ne focalisent pas au même endroit dans l'œil : le bleu focalise en avant du vert et du rouge, en raison de longueur d'onde plus courte. Cet étalement de la couleur perçue s'appelle aberration chromatique. Or, il a été prouvé que le cerveau privilégierait la mise à foyer en fonction des plus longues longueurs d'onde : la lumière bleue, focalisant par conséquent devant la rétine, enverrait

²⁴ Palaiologou I. Children under five and digital technologies: implications for early years pedagogy. *European Early Childhood Education Research Journal* 2016;24:5–24.

²⁵ Crouch M. A guide to parental control by device. <https://www.parents.com/parenting/better-parenting/advice/a-guide-to-parental-controls-by-device/> (consulté le 5 janvier 2020).

²⁶ Ip JM, Robaei D, Rochtchina E, Mitchell P. Prevalence of eyedisorders in young children with eyestrain complaints. *Am J Ophthalmol.* 2006;142:495–7.14.

²⁷ Vilela MA, Castagno VD, Meucci RD, Fassa AG. Asthenopia in schoolchildren. *Clin Ophthalmol.* Uncorrected Hyperopia and Preschool Early Literacy: Results of the Vision in Preschoolers-Hyperopia in Preschoolers (VIP-HIP) Study.

²⁸ Walline JJ, Mutti DO, Zadnik K, Jones LA: Development of phoria in children. *Optom Vis Sci* 75:605–10, 1998

un signal de défocus se traduisant par une myopisation de l'œil.²⁹ Ces conclusions, observées sur un modèle animal, demeurent toutefois à valider auprès de diverses populations humaines.

Un autre facteur à considérer est l'absence de signaux d'arrêts lors de l'usage de tablettes électroniques. La lecture dans un livre régulier est ponctuée de signaux d'arrêts, dont la fin de chapitre est l'exemple le plus évident. Le lecteur est ainsi appelé régulièrement à cesser sa lecture, prendre une pause et reprendre le tout, ou vaquer simplement à d'autres occupations. Avec la tablette électronique, ces signaux d'arrêts n'existent pas, et l'utilisateur est constamment sollicité pour naviguer d'un sujet à l'autre ou d'un écran à l'autre, en fonction des messages qui apparaissent et qui l'interpellent (pop-up). Ainsi, le temps d'utilisation des écrans est difficilement contrôlable et s'avère une source de conflits entre parents et enfants. Cette absence de temps de pause peut être détrimentaire pour le système visuel. Plusieurs organismes recommandent d'ailleurs de limiter le temps d'utilisation et de faire des pauses fréquentes (à toutes les 30 minutes). Il est connu que les symptômes visuels apparaissent tôt mais augmentent significativement après 2h00 d'usage des écrans³⁰.

3.1.6 Effets chez le jeune adulte

Les effets des écrans sur la vision a été documenté chez des étudiants universitaires³¹. Bien que leur système visuel soit bien développé et mature, les symptômes de fatigue oculaire, de sécheresse et l'effet optique de la myopisation ont été constatés³², comme chez l'enfant. Bien que les mécanismes puissent être différents, les effets sont les mêmes.

La réflexion sur l'usage des écrans ne doit donc pas se limiter à la petite enfance mais bien englober une réflexion plus importante sur les effets potentiels tout au long des cycles d'études.

3.1.7 La myopie : facteur de risque de pathologie oculaire.

Dans un rapport datant de 2015, l'Organisation mondiale de la Santé a indiqué que la myopie doit être considérée comme un facteur de risque important de pathologie oculaire pouvant entraîner la cécité.³³ Elle constitue, par le fait même, un impératif de santé publique qui interpelle tous les professionnels de la santé ainsi que les autorités compétentes.

Ce rapport fait écho à la progression notée, durant les 20 dernières années, de la prévalence myopique à travers le monde, notamment le taux important d'accroissement des cas de fortes

²⁹ Smith, E.L., 3rd, et al., Effects of local myopic defocus on refractive development in monkeys. *Optom Vis Sci*, 2013. 90(11): p. 1176-86.

³⁰ Kim J, Hwang Y, Kang S et al. Association between Exposure to Smartphones and Ocular Health in Adolescents. *Ophthalmic Epidemiol*. 2016;23:269-76.

³¹ Fernández-Montero A, Olmo-Jimenez JM, Olmo N, Bes-Rastrollo M, Moreno-Galarraga L, Moreno-Montañés J, Martínez-González MA. The impact of computer use in myopia progression: a cohort study in Spain. *Prev Med*. 2015 Feb;71:67-71. doi: 10.1016/j.ypmed.2014.12.005. Epub 2014 Dec 16.

³² N Shantakumari, R Eldeeb, J Sreedharan, K Gopal. Computer Use and Vision-Related Problems Among University Students In Ajman, United Arab Emirate. *Ann Med Health Sci Res*. 2014 Mar-Apr; 4(2): 258–263.

³³ Organization, W.H., The impact of myopia and high myopia. 2017: Switzerland. p. 40.

myopies (>5D) associées aux conséquences les plus néfastes au plan de la santé oculaire.³⁴ On parle alors d'un risque accru de glaucome (3.5X), de cataractes à risque (5.5X), de déchirure rétinienne (x 21%) et de maculopathie, similaire à la dégénérescence maculaire humide (x 45%)³⁵. Ainsi, alors que certains pays d'Asie voient constater que près de 90% de leur population est déjà myope, l'Europe³⁶ et l'Amérique du Nord n'y échappent pas, puisque près de 50% de la population de ces régions sera myope en 2050, soit le double de la prévalence constatée dans les années '70 et '80. Le taux de forte myopie atteindra près de 10% de la population mondiale, une progression multipliée par 3 depuis la même époque de référence.

Il ne sera pas surprenant, devant cet état de fait, de constater une mobilisation des forces vives des professionnels de la vue et des principaux acteurs de l'industrie afin de freiner cette progression et tenter d'enrayer l'augmentation fulgurante de la myopie pathologique à travers le monde. Une série de 8 articles a récemment été publiée afin de faire état des connaissances actuelles quant aux causes identifiables expliquant le boom myopique (génétique et épigénétique) ainsi que des pistes d'interventions réalisées et potentielles, en se basant sur les données probantes disponibles. Bien que de nombreuses questions soulevées par la recherche soient toujours en attente de réponse, il est possible de dégager, d'ores et déjà, des pistes d'intervention fructueuses³⁷ et d'entrevoir celles qui permettront de véritablement enrayer l'épidémie myopique.

4.0 Penser au-delà des écrans : aménager le milieu de vie scolaire.

4.1 Demandes visuelles reliées à la classe

Certains pourraient croire que la seule demande visuelle rencontrée dans une classe de l'école primaire ou du secondaire est celle générée par la vision de loin, soit celle impliquée pour regarder le professeur ou le tableau. Or, ce qu'on exige des yeux, dans un environnement de classe, est beaucoup plus complexe.

Ainsi, la sensibilité aux contrastes, le contrôle adéquat des mouvements oculaires (en lecture, passage de la vision de près à la vision de loin, etc.), la capacité de faire la focalisation au près (accommodation) et la coordination des yeux (vision binoculaire) sont des requis essentiels à avoir afin de pouvoir effectuer le travail demandé durant une journée type d'école³⁸. Il est évident que l'importance de chacun de ces facteurs varie au cours du parcours scolaire. En effet, l'enfant aura de plus en plus besoin d'acquérir ses connaissances par la lecture au fil des années, passant moins de temps à visualiser au loin.

³⁴ Holden, B.A., et al., Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 2016. 123(5): p. 1036-42.

³⁵ Flitcroft DI, He M, Jonas JB, Jong M, Naidoo K, Ohno-Matsui K, Rahi J, Resnikoff S, Vitale S, Yannuzzi L. IMI - Defining and Classifying Myopia: A Proposed Set of Standards for Clinical and Epidemiologic Studies. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019 Feb 28;60(3):M20-M30. doi: 10.1167/iovs.18-25957.

³⁶ Williams, K.M., et al., Prevalence of refractive error in Europe: the European Eye Epidemiology (E(3)) Consortium. *Eur J Epidemiol*, 2015. 30(4): p. 305-15.

³⁷ Gifford, K.L., et al., IMI - Clinical Management Guidelines Report. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019. 60(3): p. M184-m203.

³⁸ Ritty JM, Solan HA, Cool SJ. Visual and sensorymotor functioning in the classroom: A preliminary report of ergonomic demands. *J Am Optom Assoc* 1993; 60: 238-244.

En moyenne, on peut considérer les faits suivants³⁹ :

- La moitié des tâches de l'élève est consacrée à la lecture ou l'écriture
- Lorsque l'activité au près est soutenue, elle dure en moyenne 16 minutes
- La demande visuelle au près augmente avec la scolarisation

Ceci ne tient pas compte, cependant, de l'arrivée de la technologie dans les classes : ordinateurs, tablettes, tableaux interactifs, téléphones intelligents, etc. qui changent les demandes en vision de près et augmentent significativement les symptômes de fatigue et le stress visuels⁴⁰. Les enfants passent en moyenne 10% de leur temps scolaire en utilisant des appareils électroniques, à quoi doit s'ajouter toutes les activités faites à la maison ou durant les loisirs. Ce temps augmente évidemment avec l'âge.

Il est logique de penser qu'un enfant qui aurait des problèmes de vision non corrigés, en particulier l'hypermétropie et l'astigmatisme, de même que ceux aux prises avec des problèmes de vision binoculaire, auront également de la difficulté à accomplir la tâche scolaire régulière puisque celle-ci repose, au moins pour la moitié, sur la lecture et la vision rapprochée. Le passage de la vision rapprochée à la vision éloignée (10 fois/ minutes) entraînera également de l'asthénopie et des problèmes visuels si les mouvements oculaires ne sont pas fluides et que l'œil ne possède pas une mécanique optimale établissant l'équilibre rapide entre la convergence et la divergence. Le tout sera grandement influencé par les conditions environnantes : dimensions de la classe, éclairage direct, éclairage parasite (reflets, facteurs d'éblouissement), clarté du jour ambiante, etc.

A propos de ces derniers éléments, il n'y a pas de consensus actuellement sur les standards à observer quant à l'aménagement des classes, en fonction d'une meilleure efficacité visuelle ou en fonction d'optimiser l'apprentissage. Au Québec, il n'existe pas de normes précises pour l'éclairage des salles de classe. Une étude menée par le Dr Benoît Frenette, optométriste, de l'Université de Montréal a prouvé que dans la plupart des classes visitées, les conditions d'éclairage étaient incompatibles avec les besoins visuels des enfants, notamment pendant l'utilisation des tableaux intelligents, où l'on doit fermer les lumières du plafond pour augmenter le contraste. Ceci est d'avantage problématique si l'enfant utilise lui-même une tablette électronique au même moment. Ainsi, seule 1/9 endroit dans la classe est exposé à un niveau de lumière adéquat. Les autres endroits sont déficients.

Il recommandait ainsi de

- utiliser l'éclairage naturel de façon adéquate et optimale ;
- créer des zones multiples d'éclairage artificiel dans les salles de classe ;
- permettre la modulation des zones d'éclairages par des moyens simples de rhéostats ;
- éviter des champs de vision adjacentes trop différentes en ce qui concerne la luminosité.

³⁹ Narayanasamy S, Vincent SJ, Sampson GP, Wood JM. Visual demands in modern Australian primary school classrooms. *Clin Exp Optom*. 2016 May;99(3):233-40. doi: 10.1111/cxo.12365. Epub 2016 Feb 17

⁴⁰ Kim J, Hwang Y, Kang S, Kim M, Kim TS et al. Association between Exposure to Smartphones and Ocular Health in Adolescents. *Ophthalmic Epidemiol*. 2016 Aug;23(4):269-76. doi: 10.3109/09286586.2015.1136652. Epub 2016 Jun 2.

Dans divers pays, des normes existent et varient de 240 à 500 lux. Une étude australienne³⁹ a déterminé que l'éclairage varie évidemment selon l'heure de la journée mais qu'environ 10% de la classe demeurerait sous-exposée à la lumière durant une journée typique de classe. Ainsi, la partie avant de la classe, près du tableau, demeure la moins éclairée, sans doute pour éviter les reflets avec les tableaux interactifs.

L'acuité visuelle requise pour effectuer les tâches scolaires est minimalement de 0.33 logMar (20/40)⁴¹. Un enfant légèrement myope, affecté d'un astigmatisme ne peut pas satisfaire à ces normes et aura donc une difficulté à accomplir ses tâches scolaires. De même, un enfant hypermétrope non corrigé aura de la difficulté à maintenir sa concentration durant 16 à 23 minutes qu'exigent les travaux soutenus au près. Celui aux prises avec un problème accommodatif pourrait voir clairement au départ, puis sa vision s'embrouillerait rapidement avec un potentiel de voir double si la tâche est maintenue. Comme l'effort demandé en accommodation est l'inverse de la distance d'observation, en tenant compte d'une distance moyenne de 25 cm chez les enfants de 5^e ou 6^e année, le niveau requis est de 4D. En général, ceci ne représente pas un problème mais pour 1 à 2 enfants sur 10, cet effort dépasse leur capacité.

La tâche visuelle se complique si l'éclairage est réduit et que les contrastes sont diminués. Ainsi, certains éléments n'ont que 50% d'intensité de contraste, ce qui complexifie leur lecture ou perception, notamment en condition plus sombre. L'arrivée des tableaux interactifs dans les salles de classe en est un exemple éloquent : afin d'obtenir un contraste idéal sur ces tableaux, on doit normalement diminuer l'éclairage ambiant. Ce faisant, on crée des conditions moins propices à la lecture de textes sur les pupitres des élèves. L'introduction de nouvelles technologies, pour maximiser l'apprentissage des élèves, devrait normalement être évaluée en regard des conditions existantes d'éclairage (disposition des fenêtres et positionnement des luminaires, minimalement).

De toutes ces données, nous pouvons conclure que la demande visuelle imposée dans les classes modernes est exigeante alors que les conditions environnantes ne sont pas toujours optimales. La conjonction de ces facteurs augmente le stress visuel des élèves, ce qui peut, lorsque le système visuel est fragilisé, influencer la performance globale à l'école, mais en particulier lors des tâches au près et en lecture.

Tenant compte de la prévalence des anomalies de la vision, ainsi que des problèmes d'accommodation, de vergence et de mouvements oculaires, c'est près du tiers des enfants d'âge scolaire primaire qui n'ont pas le système visuel nécessaire à soutenir l'effort demandé en classe. Cet état de fait se complexifie par un environnement scolaire inadéquat au plan de l'éclairage et de l'ergonomie.

⁴¹ Langford A, Hug T. Visual demands in elementary school. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2010; 47:152–156.

5.0 CONCLUSIONS

Les écrans, tablettes et téléphones intelligents n'ont pas un effet direct négatif sur la vision de l'enfant. Cependant, l'environnement de son utilisation (éclairage ambiant, distance d'observation et temps de consultation) peut avoir un effet négatif sur le développement du système visuel de l'enfant entre 2 et 10 ans, période critique de sa maturation. Un stress visuel important peut se développer causant ou augmentant un problème de coordination des yeux, le développement de sécheresse oculaire, et d'autres anomalies visuelles. À terme, les conditions d'utilisation peuvent conduire à la myopisation, ce qui peut placer l'enfant à risque de pathologie oculaire dans l'avenir.

Des moyens existent afin de limiter les effets négatifs de l'exposition aux écrans (voir recommandations)

6.0 RECOMMANDATIONS

Considérant l'ensemble des études sur les effets connus à ce jour, et afin d'éviter les problèmes éventuels, une position conjointe de l'Association Canadienne des Optométristes et de la Société Canadienne d'ophtalmologie⁴² permet de dégager des recommandations pour l'utilisation des écrans et téléphones intelligents chez les enfants

- 1) Aucune exposition autorisée entre 0 et 2 ans, à l'exception ponctuelle de video-chat avec des parents ou grand-parents et ce, sous supervision directe d'un adulte;
- 2) Une exposition d'une heure par jour au maximum, entre 2 et 5 ans. Les activités doivent favoriser le développement de l'enfant et il doit y avoir une inter-action avec les parents.
- 3) Une exposition d'au plus 2h00 (temps de loisir, non relié aux études) entre 5 et 18 ans.
- 4) Observer une pause à toutes les 30 minutes, idéalement, impliquant de bouger et d'activer tout le corps. Le temps de la pause n'est pas spécifié mais doit être significatif.
- 5) Le poste de travail doit être ajusté ergonomiquement (hauteur, position de l'écran et du clavier, etc.)
- 6) Éviter l'usage d'ordinateur, écrans 1h00 avant le sommeil.
- 7) Encouragement du temps passer à jouer dehors au lieu de consulter les écrans
- 8) Les enfants doivent être évalués périodiquement afin d'examiner la vision et la coordination des yeux, et établir les traitements appropriés en temps opportun.⁴³

⁴² <https://opto.ca/document/joint-position-statement-on-electronic-screen-time-for-children-under-12> consulté le 5 janvier 2020.

⁴³ En ce sens, le programme de dépistage actuel dans les écoles du Québec, en maternelle 4-5 ans, doit être maintenu et le message de l'importance de l'examen visuel périodique doit être diffusé durant toutes les années du primaire.

A la lumière de l'argumentaire développé, nous pouvons ajouter

- 9) Privilégier un éclairage ambiant aux ampoules traditionnelles. Si des ampoules LED sont utilisées, il faudrait que ce soit dans le spectre du blanc doux (2700K)
- 10) Limiter l'exposition aux écrans OLED
- 11) Adapter les classes et le milieu scolaire afin de limiter les effets négatifs de l'utilisation des technologies modernes sur la vision.