



HAL
open science

L'apport des filtres sur la vision et indications pathologiques

Chloé Perrin

► **To cite this version:**

Chloé Perrin. L'apport des filtres sur la vision et indications pathologiques. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. <dumas-02968263>

HAL Id: dumas-02968263

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02968263v1>

Submitted on 15 Oct 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

L'apport des filtres sur la vision et indications pathologiques

PERRIN Chloé

Maitre de mémoire :
TRINQUET Laure
Orthoptiste

Directrice des mémoires :
TRINQUET Laure
Directrice Pédagogique

Année Universitaire 2019-2020
Mémoire de fin d'études d'Orthoptie

Remerciements

Je souhaite, tout d'abord, remercier mon maître de mémoire, Madame Laure TRINQUET, pour son aide durant la réalisation de mon mémoire ainsi que ses précieux conseils qui m'ont permis de mener à bien ce travail de fin d'étude.

Je tiens également à la remercier en tant que directrice pédagogique de l'école d'Orthoptie de Marseille pour son investissement, sa disponibilité, son accompagnement et ses connaissances, qui m'ont permis d'acquérir les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

Je tiens ensuite à exprimer ma gratitude et toute ma reconnaissance :

Au Professeur Danièle DENIS, pour son accueil lors de mes trois années au sein de ses différents services d'ophtalmologie, où j'ai pu effectuer des stages enrichissants.

Au Doyen de la Faculté, Professeur Georges LEONETTI, ainsi que Professeur Philippe BERBIS pour leur encadrement au sein de l'Université.

Aux orthoptistes m'ayant accueilli lors de mes stages externes, Madame Mélanie ORDINES, Madame Samira NADIFI et Madame Delphine BOUSQUEL-BARNEOUD, qui ont partagé leurs expériences et m'ont permis d'acquérir de nouvelles compétences.

Je tiens également à remercier mes parents et Jordan pour le soutien qu'ils m'ont apporté durant ces trois années.

Mais aussi Anaëlle, Laetitia et Corentin qui ont été de réels piliers pendant ces années universitaires, et qui m'ont apporté entre-aide et soutiens.

Sommaire

Résumé.....	
Abstract	
Introduction	1
I. Les filtres non teintés	3
1. Filtres anti-lumière bleue : effet de mode ou véritable intérêt thérapeutique ?	3
1.1. Généralités	3
1.2. Impact visuel de la lumière bleue et population à risque	4
1.3. Quels sont les bénéfices et les limites des filtres anti-lumière bleue sur la vision ?	5
2. Filtres anti-reflets	6
2.1. Généralités	6
2.2. Avantages et Inconvénients	7
II. Protection solaire : UV et éblouissement.....	9
1. Les filtres UV.....	9
1.1 Les UV dans le spectre et effets sur la santé.....	9
1.2 Les différentes catégories de protection solaire.....	10
1.3 Exemple chez le sportif.....	10
2. Filtres polarisants	11
2.1. Généralités	11
2.2. Quels sont les avantages et les inconvénients de ces filtres sur la vision ?	11
2.3. A qui les préconise-t-on ?	12
III. Filtres aidant à la réadaptation	12
1. Filtres et Basse Vision	12
1.1. Généralité sur la Basse Vision	12
1.2. Qu'apporte un filtre thérapeutique pour les patients Basse Vision ?.....	13
1.3. Comment bien choisir un filtre pour les patients Basse Vision ?	14
2. Un type de filtre adapté à une pathologie	15
2.1. La cataracte	15
2.2. Les Pathologies maculaires.....	17
2.3. L'albinisme.....	18
2.4. La rétinite Pigmentaire	20
2.5. La rétinopathie diabétique	22
3. Filtres et dyslexie.....	24
Conclusion.....	29
Bibliographie	
Table des illustrations.....	
Annexes	

Résumé

Il existe un large panel de filtres optiques, mais leurs objectifs dépendent de la condition de vie du patient, de sa pathologie et de son ressenti subjectif.

Les filtres non teintés sont bien connus, comme les filtres anti-lumière bleue, sujets à de nombreuses études, et les filtres anti-reflets. Leurs bénéfices sur la vision et les personnes pour lesquelles ils sont indiqués, restent flous.

Il en est de même pour les filtres teintés. Même si tout le monde reconnaît la nécessité de porter des lunettes de soleil, peu de personnes connaissent la catégorie qui leur est appropriée, et pour quel individu elles sont indispensables.

Au niveau de notre profession, il me semble intéressant de connaître certains filtres basse vision, afin de conseiller et orienter nos patients vers ce qui leur est le plus adapté.

Ces filtres peuvent améliorer la qualité visuelle de certains individus, tel que les personnes atteintes de cataracte, de maculopathie, de rétinite pigmentaire, de rétinopathie diabétique, et d'albinisme. Ils pourront amener une augmentation des contrastes, une diminution de la sensibilité à l'éblouissement, voire une amélioration, parfois, de l'acuité visuelle.

Actuellement, l'effet des filtres chez les personnes dyslexiques est à l'étude. Celles-ci ont permis de constater que les filtres colorés peuvent être un outil pour les aider dans le milieu scolaire. En effet, ils permettraient d'augmenter la vitesse de lecture et de diminuer le temps de fixation entre deux saccades.

Mots-clés : Filtre, Basse vision, dyslexie, polarisant, solaire, anti-reflets, anti-lumière bleue

Abstract

There is a wide range of optical filters, but their objectives depend on the patient's living condition, their pathology and their subjective feelings.

Non-tinted filters are well known, such as blue light filters, which are the subject of numerous studies, and anti-reflection filters. Their benefits for vision and the people for whom they are indicated, remain unclear.

The same is true for tinted filters. Even if everyone recognizes the need to wear sunglasses, few people know which category is appropriate for them, and for which individual they are essential.

At the level of our profession, it seems interesting to me to know certain low vision filters, in order to advise and direct our patients towards what is most suitable for them.

These filters can improve the visual quality of some individuals, such as people with cataracts, maculopathy, retinitis pigmentosa, diabetic retinopathy, and albinism. They may cause an increase in contrast, a decrease in sensitivity to glare, or even an improvement, sometimes, in visual acuity.

Currently, the effect of filters in people with dyslexia is under study. These outings have shown that colored filters can be a tool to help them in the school environment. Indeed, they would make it possible to increase the speed of reading and to decrease the time of fixing between two jerks.

Keywords : Filter, Low vision, dyslexia, polarizing, solar, anti-glare, anti-blue light

Introduction

Dans le cadre des actes dévolus aux orthoptistes, une nouvelle nomenclature est en cours d'élaboration, celle sur la prescription de corrections optiques.

Il serait enrichissant d'avoir une connaissance approfondie quant aux filtres optiques existants, afin de conseiller et orienter au mieux les patients vers les solutions les plus adaptées.

Les filtres sont des dispositifs destinés à favoriser ou à entraver le passage de certaines composantes de fréquences d'un signal électrique, acoustique, lumineux, etc.

Donc en appliquant cette définition aux filtres optiques, ceux-ci entravent le passage de certaines longueurs d'ondes de la lumière, en fonction de leurs composantes.

Il est intéressant de rappeler que la lumière visible a une longueur d'onde comprise entre 380 et 780 nanomètres environs.

Mais au-delà des filtres optiques, certaines parties anatomiques de l'œil ont des pics d'absorption à la lumière qui leurs sont propres. Ce qui signifie que, sans protection oculaire, si l'œil se retrouve face à un de ces pics (indiqués ci-dessous), cela pourrait induire des lésions sur la partie de l'œil correspondante.

Tout d'abord, la cornée possède un spectre d'absorption situé dans les infrarouges lointains (au-delà de 800nm jusqu'à plus de 2400nm) et dans les ultraviolets (en dessous de 300nm jusqu'à 400nm). Ce qui signifie que si la cornée n'est pas protégée face à ces longueurs d'ondes, alors il y aura, par exemple, un risque d'apparition de kératites.

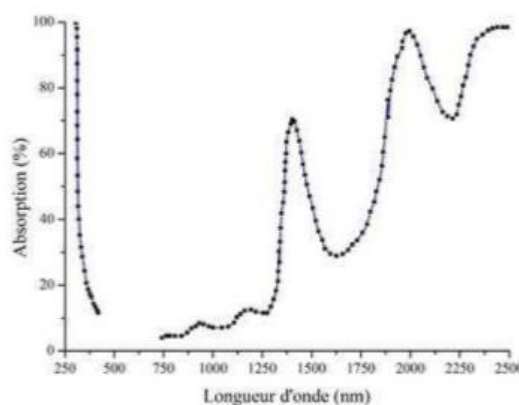


Figure 1 Absorption de la lumière par la cornée

Le cristallin a son spectre d'absorption qui se trouve dans les ultraviolets proches et infrarouges lointains, et laisse passer pratiquement toute la lumière bleue (80%) surtout les ondes comprises entre 430 et 440nm. Mais celui-ci change avec l'âge.

Chez les personnes jeunes, le pic se situe à 365 nm, et à partir de 60 ans le pic se déplace à 400nm. Donc si celui-ci est exposé pendant une courte durée aux UVA et B, cela induira des lésions mineures et réversibles. Mais si le temps se prolonge, alors les lésions seront plus importantes.

Pour la rétine, les longueurs d'ondes absorbées se situent dans le visible et l'infrarouge. Son spectre d'absorption est maximal de 400 à 600 nanomètres et est assurée principalement par les cônes et les bâtonnets.

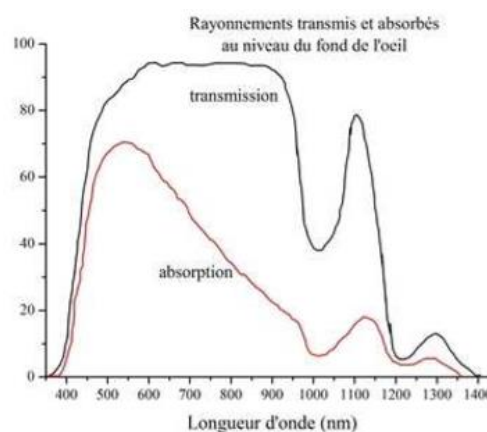


Figure 2 Absorption et transmission de la lumière par la rétine

Mais elle peut souffrir d'une illumination allant jusqu'à 1400 nanomètres. (1)

Afin d'éviter toutes ces complications oculaires, des filtres optiques ont été créés.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, nous allons parler brièvement du support de ceux-ci. Ces filtres sont positionnés sur des verres optiques (correcteurs ou non) et diffèrent par leurs matériaux. Est-ce que cela joue un rôle sur la filtration de la lumière ?

Le type de verre le plus utilisé est le verre organique grâce à ses caractéristiques, précisées ci-dessous. Ensuite nous trouvons le Trivex, le minéral (qui correspond à environ 3% du marché) et enfin le verre en polycarbonate. Chacun présente des avantages et des inconvénients.

L'indice des verres organiques peut aller de 1,5 à 1,74 (ce qui correspond à l'épaisseur du verre). Ils possèdent une bonne résistance mécanique, une faible densité (ce qui signifie qu'ils sont plus légers) et filtrent bien les UV. Mais leur inconvénient premier est qu'ils sont sensibles aux rayures.

Le verre polycarbonate a un indice unique (1,53) ce qui signifie qu'il a une très faible densité. Il possède également une excellente résistance mécanique. Cependant il est très sensible aux rayures et a une grande dispersion de la lumière (nombre d'Abbe 30)

Le Trivex détient les mêmes avantages que le polycarbonate, et possède aussi une bonne qualité optique, une bonne résistance aux chocs et aux solvants, et il filtre bien les UV. Cependant son indice est limité à 1,53.

Enfin le verre minéral détient un large choix d'indices (de 1,5 à 1,9) ainsi qu'une excellente résistance aux rayures. Les points négatifs de ces verres sont ; qu'ils ont une mauvaise résistance aux chocs, ils sont lourds du fait de leur forte densité, et ont une très faible protection contre les UV.

Il faut savoir que plus l'indice du verre augmente, plus le nombre d'Abbe diminue (donc moins la qualité optique sera bonne), et plus la protection contre les UV augmente.

Donc la protection UV d'un verre est possible grâce à la qualité de la matière et non uniquement à sa teinte. (2)

C'est pourquoi, on peut se demander quel est l'apport des filtres sur la vision et dans quel cadre sont-ils conseillés ?

a) Matériaux organiques :

Catégories	Noms de marque	Indice de réfraction (n _e / n _d)	Constringence (V _e / V _d)	Densité	Coupure UV
Indice courant	Orma® (Essilor)	1,502 / 1,500	58 / 58	1,32	355 nm
Indice courant	Trivex® (PPG)	1,533 / 1,530	43 / 44	1,11	395 nm
Moyen indice	Airwear® (Essilor)	1,591 / 1,586	31 / 31	1,20	385 nm
Moyen indice	Ormix® Thin & Lite 1,60 (Essilor)	1,596 / 1,592	41 / 42	1,31	400 nm
Haut indice	Stylis® Thin & Lite 1,67 (Essilor)	1,665 / 1,660	32 / 32	1,36	400 nm
Très Haut indice	Lineis® Thin & Lite 1,74 (Essilor)	1,734 / 1,728	33 / 33	1,47	400 nm

b) Matériaux minéraux

Catégories	Noms de marque	Indice de réfraction (n _e / n _d)	Constringence (V _e / V _d)	Densité	Coupure UV
Bas indice	Stigmal 15 (Essilor)	1,525 / 1,523	59 / 59	2,61	330 nm
Moyen indice	Stigmal 16 (Essilor)	1,604 / 1,600	41 / 42	2,63	335 nm
Haut indice	Fit 40 (Essilor)	1,705 / 1,701	41 / 42	3,21	335 nm
Très haut indice	Stigmal 18 (Essilor)	1,807 / 1,802	34 / 35	3,65	330 nm
Très haut indice	19 (BBGR)	1,892 / 1,885	30 / 30	3,99	340 nm

Tableau 1 Caractéristiques des verres organiques (a) et minéraux (b)

I. Les filtres non teintés

1. Filtres anti-lumière bleue : effet de mode ou véritable intérêt thérapeutique ?

Les filtres anti-lumière bleue sont proposés quasiment à chaque fois qu'il est prescrit une paire de lunettes de vue chez l'opticien. Mais est-ce vraiment utile ?

1.1. Généralités

Comme dit dans l'introduction, la lumière visible qui entre dans l'œil, a une longueur d'ondes de 380 à 780 nanomètres environ, mais il existe également des ondes non visibles telles que l'ultraviolet et l'infrarouge. (3)

La lumière bleue s'étend sur 120 nanomètres sur le spectre visible : de 380 à 500 nanomètres. (4)

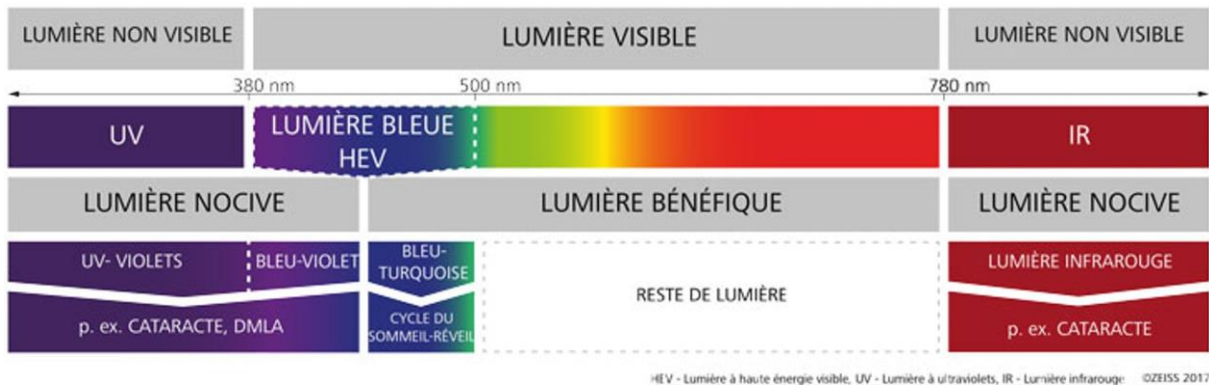


Figure 3 Spectre de la lumière et répercussion

Une quantité trop importante d'ultraviolet et de bandes bleu-violettes peut être nocif pour l'œil. La lumière bleue correspond à environ un tiers de la lumière visible que l'on reçoit ; elle a la particularité d'être la plus énergétique de la portion du spectre visible, et un peu moins énergétique que les UV. Ceci signifie donc qu'elle est potentiellement dangereuse. (4)

Mais, la lumière bleue n'a pas que des inconvénients. Celle-ci exerce un effet biologique sur le corps. Tout d'abord cette lumière influe sur notre équilibre hormonal. La lumière régule notre cycle sommeil-éveil, notamment la bleu-turquoise qui se situe dans le spectre entre 466 et 495 nanomètres, ainsi que nos sentiments.

Lorsque la lumière extérieure est vive, notre corps libère de l'ocytocine, également appelé « l'hormone du bonheur » et du cortisol, nommé « l'hormone du stress ». Ces deux hormones nous rendent actifs et dynamiques. A l'inverse, lorsqu'il fait sombre, nous sécrétons de la mélatonine, considérée comme l'hormone du sommeil, ce qui provoque une sensation de fatigue et nous aide à dormir. (3)

C'est pourquoi il est donc important de ne pas filtrer toute la lumière bleue, car cela peut entraîner des modifications hormonales.

Par ailleurs, nous pouvons observer l'avantage de cette lumière par le biais de la luminothérapie, utilisant principalement la lumière bleue pour traiter avec succès la dépression hivernale et l'insomnie.

Mais il convient d'appliquer la règle de la modération, puisqu'une exposition excessive à la lumière comporte certains risques et peut même devenir nocive. (3)

On retrouve cette lumière bleue partout, aussi bien en intérieur qu'en extérieur.

A l'extérieur, c'est le soleil qui en est la source majeure (5). Il faut savoir que lorsque nous restons une heure à l'extérieur, sous un temps nuageux, nous exposons nos yeux jusqu'à trente fois plus à la lumière bleue que de passer le même temps face à un écran (3)

En intérieur, nous la retrouvons devant nos écrans, mais aussi dans nos éclairages domestiques. Typiquement une lumière qui est blanche/jaune correspond à une ambiance chaude, et donc celle-ci possède peu de bleu, mais à l'inverse, une lumière blanche froide ou blanc/bleutée, comporte, elle, beaucoup de bleu correspondant à nos écrans et à l'éclairage xénon.

Actuellement, nos yeux sont exposés à une trop grande quantité de lumière bleue en comparaison aux années antérieures. (5,6)

1.2. Impact visuel de la lumière bleue et population à risque

D'après le sondage du 2 au 11 avril 2019 réalisé par OpinionWay pour l'ASNAV (Association Nationale pour l'Amélioration de la Vue) sur la santé visuelle, nous serions 58 % (dont 75% des jeunes âgés de 16 à 24 ans) à avoir déjà ressenti des troubles visuels à cause du temps passé devant un écran. Il y a une augmentation de 13% au total depuis un sondage antérieur datant de 2017. Le sondage de 2019 a été réalisé sur 833 personnes correspondant à la tranche de 18 ans et plus, et sur 309 personnes représentatives de la population française âgées de 16 à 24 ans. Il a été réalisé en appliquant les procédures et règles de la norme ISO 20252. (7)

Cette étude montre que la lumière bleue retrouvée dans les écrans pourrait causer des troubles visuels.

Par ailleurs, on sait que la lumière bleue se projette en avant de la rétine, c'est ce que l'on appelle des « aberrations chromatiques ». La lumière bleue se projette en avant de la rétine, provoquant une grande tache de diffusion et donc une vision floue, puisque plus la tache de diffusion sera grande, plus la vision se troublera.

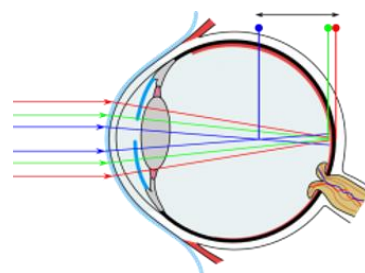


Figure 4 Tache de diffusion du rouge, du bleu et du vert

Une étude réalisée par Dawson et ses collaborateurs, rapporte la présence de lésions rétiniennes après exposition de singes à des LED bleues. Datant de 2009, elle a été effectuée sur deux singes Rhésus et six singes Macaques. Lors de cette étude, chaque singe avait un œil exposé directement à une LED bleue émettant des rayonnements entre 410 et 540 nanomètres avec un pic à 465 nanomètres. L'autre œil était exposé à la même LED bleue mais avec la présence d'un filtre réduisant de 30% la transmission entre 420 et 540 nanomètres.

Deux examens étaient réalisés 2 et 30 jours après. Ils montrent des lésions clairement identifiables sur l'œil sans filtre à 35J/cm² et absent sur l'autre. A 60J/cm² des lésions majeures étaient identifiables sur les deux yeux, mais nettement réduites sur l'œil possédant le filtre.

Cela démontre que la composante bleue des LED émettant de tels rayonnements est spécifiquement responsable des lésions rétiniennes aiguës observées sur la macula des singes. (8)

De plus, depuis 2008 la société Essilor s'est associée à l'institution de la vision de Paris pour approfondir les connaissances de la toxicité induite par la lumière bleue sur la rétine externe, d'un point de vue photométrique. Depuis 2011, ils concentrent leurs recherches sur la compréhension globale du rôle de la lumière bleue à chaque étape du processus dégénératif des cellules EPR (épithélium pigmentaire rétinien) porcine, dès les tous premiers stades jusqu'à la mort cellulaire. Ils ont démontré en 2011 que la bande spectrale toxique associée à l'apoptose cellulaire se trouvait entre 415 et 455 nanomètres. Ils ont mis en lumière une forte accumulation de dérivés réactifs de l'oxygène en réponse à la lumière bleu-violet. Ils ont également démontré que la lumière bleue-violet agit comme un puissant inhibiteur des mécanismes de défense antioxydants mais aussi comme un inducteur de stress. Ces deux effets négatifs affirment l'hypothèse selon laquelle ce type de lumière contribue fortement au stress oxydatif des premiers stades de lésion cellulaire, et donc au vieillissement rétinien accéléré, pouvant aboutir à la mort cellulaire ainsi qu'à l'apparition, ou la progression plus rapide, de la DMLA. (9)

Nous pouvons donc nous demander si la lumière bleue a le même impact pour tous les individus.

Il est reconnu que certains individus sont plus sujets à risques.

En effet, les enfants sont considérés comme une population à risque : avant 8 ans leur cristallin ne filtre pas la lumière bleue.

Les prématurés sont aussi touchés car en plus de l'absence de filtration du cristallin, ils possèdent une immaturation de la rétine et un déficit en mécanisme anti-oxydant.

Les personnes aphakes ou pseudophakes peuvent être atteintes, pour les mêmes raisons précédemment décrites chez l'enfant.

Les individus atteints de pathologies rétiniennes telles que les dystrophies rétiniennes héréditaires, les neuropathies optiques, et ceux présentant des accumulations de lipofuscine ou des altérations de l'épithélium pigmentaire sont également affectés.

Il est de même pour les sujets consommant des médicaments photosensibilisants (tels que les aminoquinolines, le tomoxifène, certains antiépileptiques, ...), mais aussi ceux ayant une intoxication énolique (alcoolisme chronique) qui est un facteur de risque. (1)

1.3. Quels sont les bénéfices et les limites des filtres anti-lumière bleue sur la vision ?

Au vu des études citées précédemment, ces filtres seront préconisés pour des individus qui utilisent fréquemment des écrans ou lumières LED, car cela pourrait provoquer des lésions rétiniennes.

Ils seront également suggérés chez les enfants de moins de 8 ans, les prématurés, les personnes ne possédant plus leurs cristallins, consommant des médicaments photosensibilisants ou ayant une intoxication énolique.

Ces filtres seraient utilisés à titre préventif avec l'objectif de limiter les troubles visuels et ainsi améliorer le confort des patients (maux de tête, fatigue visuelle, yeux qui piquent, ...).

Une étude a été réalisée par Sylvie Zanier (professeure agrégée de physique à l'université Grenoble Alpes) et Julien Delahaye (chercheur en physique au CNRS) montrant une efficacité

très limitée de ces filtres. Tout d'abord Mme Zanier explique que pour absorber efficacement la lumière bleue le filtre devrait être jaune (notion de base en physique).

Ils ont d'abord testé la différence de « temps de dangerosité » (avec l'intensité lumineuse provenant d'un écran d'ordinateur et d'une tablette) avec et sans les verres filtrants.

Le résultat était le suivant : les verres traités anti-lumière bleue feraient gagner 10 minutes (avec 1 heure de temps passé devant l'écran) avant d'atteindre le « temps de dangerosité ».

Ils ont ensuite mesuré à l'aide d'un spectromètre la lumière émise par une zone blanche d'un ordinateur avec et sans verres filtrants. Ils ont constaté que seul le pied du pic des courtes longueurs d'ondes est significativement affecté, et le maximum du pic est réduit d'environ 10%.

Mais pour une source de lumière tel que le soleil, qui est beaucoup plus riche en très courtes longueurs d'ondes, les résultats montrent nettement que le verre anti-lumière bleue réduit efficacement les longueurs d'ondes en dessous de 430nm environ, jusque dans l'UV. (10)

En fonction des fabricants, le maximum du pic peut diminuer jusqu'à 20%.

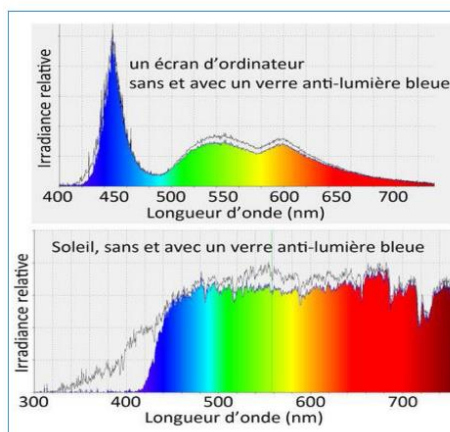


Figure 5 Spectre de la lumière émise par une zone blanche d'un écran d'ordinateur ou par la lumière naturelle du soleil, avec et sans un verre de lunettes anti-lumière bleue

Pour protéger l'œil de cette lumière nocive tout en étant esthétique, certains fabricants, comme par exemple Essilor, ont mis en place, dans le matériau du verre, deux molécules neutralisant la couleur jaune-orangé de celui-ci.

Prenons l'exemple d'un verre de chez essilor. Le verre Eye Protect System™ avec traitement Crizal® Prevenica® offre une protection ultime pour un verre blanc, en filtrant en moyenne 30 % de la lumière bleu-violet (verre d'indice 1,59) entre 400 nm et 455 nm et en diminuant de 35 % la mort cellulaire par apoptose in vitro ($\pm 5\%$), soit environ 10 % de mieux qu'avec le seul traitement Crizal® Prevenica®. (11)

2. Filtres anti-reflets

2.1. Généralités

Sans filtres anti-reflets, il existe une réduction de la transmission de lumière, à travers un verre, qui est due à la réflexion de la face avant et à la réflexion interne sur la face arrière (après la traversée de la lumière dans le verre).

L'intensité de la lumière réfléchi est d'autant plus importante que l'indice de réfraction du matériau est élevé.

On peut donc constater la nécessité d'un traitement anti-reflet, puisqu'avec celui-ci, il est possible de réduire la proportion de lumière réfléchi (donc perdue) à moins de 1%. (12)

Le principe consiste à déposer sur les surfaces une couche très mince d'un produit transparent d'indice inférieur à l'indice du verre. Cette couche a pour but de séparer le reflet parasite en

Indice	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
Lumière totale réfléchi	7,8 %	10,4 %	12,3 %	15,7 %	18,3 %

Tableau 2 Lumière réfléchi en fonction de l'indice du verre

deux et de rallonger le chemin optique de l'un des deux rayons, d'une longueur équivalente à la moitié de la longueur d'onde de la lumière.

Les deux reflets ainsi décalés se retrouvent en opposition de phase et s'annulent mutuellement. Ce traitement de surface est réalisé par vaporisation sous vide de différentes couches d'oxydes (1 à 9 couches). Chaque couche a une épaisseur de quelques dixièmes de microns. La lumière qui n'est pas réfléchi ne peut être que transmise. En réduisant les reflets parasites, on augmente donc la quantité de lumière transmise.

Pour obtenir un anti-reflets, il faut :

- Que la couche déposée ait un indice de réfraction plus faible que le verre ($n_1 < n_2$) sinon on obtient l'effet inverse, c'est-à-dire qu'on augmente les reflets.
- Que les deux rayons réfléchis aient une intensité (amplitude) la plus identique possible pour qu'ils puissent se supprimer mutuellement.

Une seule couche ne permet de supprimer parfaitement qu'une seule longueur d'onde (une seule couleur de reflets) plus on s'éloigne de celle-ci, moins l'anti-reflets est efficace.

Pour réduire les reflets dans toutes les longueurs d'ondes, on empile donc plusieurs couches les unes sur les autres.

Avec un anti-reflets multicouches, on peut obtenir jusqu'à 99.9% de transmission. (13)

De manière générale, on peut classer l'efficacité d'un anti-reflets en 3 catégories.

Les 3 classes avec leurs réflexions par face et leur transmission qui leurs sont propres sont présentées ci-contre. (12)

Efficacité	Réflexion par face (ρ)	Transmission (τ)
Haute	0,3 à 1,0 %	97,5 à 99,0 %
Moyenne	1,0 à 1,8 %	96,0 à 97,5 %
Standard	1,8 à 2,5 %	94,5 à 96,0 %

Tableau 3 Les 3 classes d'anti-reflets

2.2. Avantages et Inconvénients

Il s'agit donc d'un traitement visant à réduire les reflets parasites de la lumière sur les surfaces des verres. Il faut savoir que toute surface vitreuse reflète une partie de la lumière, entre 4 et 8% par face selon l'indice de réfraction de la matière. Ces reflets peuvent gêner la vision et sont une perte de lumière. (13)

L'intérêt de ce traitement est d'abord visuel avant d'être esthétique.

Une étude réalisée en 1981 par Stuart G. Coupland et Trévor H. Kirkham a montré que les traitements anti-reflets permettent d'améliorer considérablement la sensibilité au contraste en présence d'une forte source lumineuse. Elles consistent à faire observer à des patients des mires de contraste normalisées.

Ils sont équipés de verres non traités, puis traités anti-reflets et soumis ou non à un éblouissement provenant de l'arrière. Les résultats reportés sur le graphique 2.2.1 représentent :

- la courbe, en l'absence d'éblouissement, de sensibilité au contraste normal de ces patients (courbe verte) ;

- la diminution de sensibilité au contraste causée par l'éblouissement avec des verres non traités anti-reflets (courbe orange) ;

- la restauration de sensibilité au contraste obtenue grâce au traitement anti-reflets dans des conditions d'éblouissement identiques (courbe bleue). (14)

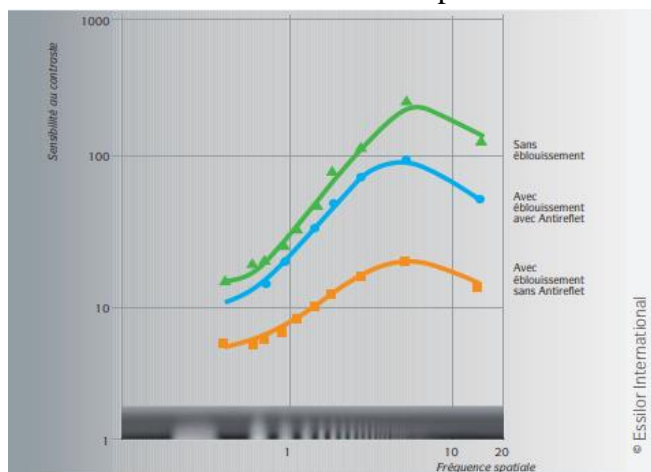


Figure 6 Sensibilité du contraste en fonction de l'éblouissement et des filtres anti-reflets

Par ailleurs, il a pu être établi que, sous des conditions d'éblouissement déterminées, le champ visuel d'une personne portant des lunettes avec le traitement anti-reflets est sensiblement plus large qu'avec des verres non traités. En effet, avec des lentilles revêtues d'anti-reflets de fluore de magnésium les isoptères temporaux et isoptères nasaux étaient plus large, en présence d'éblouissement, qu'avec les lentilles sans revêtement. (15)

Enfin, il a aussi été démontré que, dans des conditions de conduite de nuit, un verre traité anti-reflets permettait de réduire de 2 à 5 secondes le temps de récupération d'une vision normale après éblouissement, par rapport à des verres non traités ; cela correspond au parcours d'une distance de 28 à 70 m à la vitesse de 50 kilomètres/heure... (16)

Le traitement anti-reflets consiste donc à favoriser la perception des contrastes, permettant une transmission optimale du flux lumineux, soit de stimuler la sensibilité de la rétine. (17)

II. Protection solaire : UV et éblouissement

1. Les filtres UV

1.1 Les UV dans le spectre et effets sur la santé

Le rayonnement ultraviolet fait partie du spectre électromagnétique. On le divise en 3 catégories :

- Les UVC : ils ont une longueur d'ondes comprise entre 100 et 280 nanomètres.
- Les UVB : leur longueur d'ondes est située entre 280 et 315 nanomètres.
- Les UVA : elle est comprise entre 315 et 400 nanomètres.

Les UVC sont absorbés par l'ozone atmosphérique, tandis que la quasi-totalité des UVA et 10% des UVB atteignent la surface de la terre. (18)

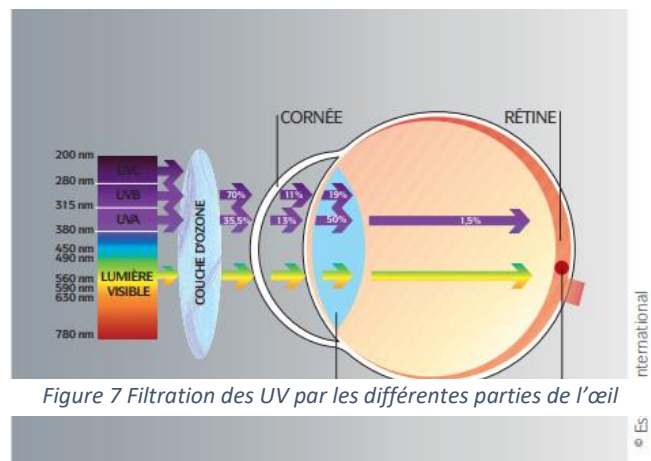
En petite quantité, les UV sont bénéfiques à la santé. Ceux-ci permettent la synthèse de vitamine D. Ils servent également à traiter certaines maladies tels que l'eczéma, le psoriasis, le rachitisme et l'ictère.

Mais en quantité trop importante, ceux-ci peuvent provoquer des effets néfastes sur le plan cutané, oculaire et immunitaire. (19)

« D'après les estimations de l'OMS, il y a chaque année dans le monde près de 12 à 15 millions de personnes rendues aveugles par des cataractes, et jusqu'à 20 % de ces dernières peuvent être provoquées ou accélérées par l'exposition solaire. » (19)

Les UVA et UVB sont en grande partie filtrés par la cornée et le cristallin, et donc une très faible partie d'entre eux atteint la rétine (environ 1,5% pour les UVA). Même si le renouvellement permanent des cellules compense les agressions, il existe un effet cumulatif.

Par ailleurs, il faut savoir, qu'avant 1 ans, 90% des UVA et 60% des UVB atteignent directement la rétine. (17)



Donc une exposition fréquente aux UV, dès le plus jeune âge, peut occasionner, plus tard, de graves problèmes rétiens. Il est donc important de bien protéger les yeux des enfants. Les risques commencent dès le lever du soleil, et augmentent de manière considérable entre 11 et 15 heures. La neige, l'eau et le sable réfléchissant respectivement 80%, 20% et 10% des UV sont également des facteurs cumulatifs. (20)

Les UVA et UVB peuvent également contribuer au vieillissement de l'œil, et être responsables de maladies tels que la kératite, le carcinome, le ptérygion ou la cataracte précoce. (20)

1.2 Les différentes catégories de protection solaire

Choisir une bonne paire de lunettes solaires n'est jamais facile.

En effet, il existe 5 catégories de protection solaire, et chaque catégorie à un usage différent. Ces catégories se différencient également par leurs pourcentages d'absorption des ultraviolets.

Dans certaines catégories, la conduite est contre-indiquée. Les catégories 2 et 3 sont incompatibles avec la conduite de nuit, et la catégorie 4 est contraire à la conduite de jour comme de nuit. (21)






Catégories	Usage	% Absorption
0 	Intérieur, ciel voilé	< 20
1 	Luminosité solaire faible	> 20
2 	Luminosité solaire moyenne, interdit à la conduite de nuit	> 57
3 	Luminosité solaire forte, interdit à la conduite de nuit	> 82
4 	Luminosité solaire extrême (haute montagne, glacier), interdit à la conduite	> 92

Tableau 4 Classification des teintes en fonction du pourcentage d'absorption

La réglementation européenne impose aux distributeurs et fabricants de lunettes de soleil des verres dont la filtration des UV est proportionnelle à celle de la lumière visible :

- catégorie 0 : transmission limitée entre 80 et 100 % de la lumière visible et inférieure à 8 - 10% pour les UV B ;
- catégorie 1 : transmission limitée entre 43 et 80 % de la lumière visible et inférieure à 4,3 - 8% pour les UV B ;
- catégorie 2 : transmission limitée entre 18 et 43 % de la lumière visible et inférieure à 1,8 - 4,3 % pour les UV B ;
- catégorie 3 : transmission limitée entre 8 et 18 % de la lumière visible et inférieure à 0,8 - 1,8% pour les UV B ;
- catégorie 4 : transmission limitée entre 3 et 8% de la lumière visible et inférieure à 0,3 - 0,8% pour les UV B. (22)

En plus de ces catégories, il existe quatre teintes fixes, chacune ayant une multitude de dégradés et de pourcentages d'absorption différents, ainsi que des caractéristiques distinctes.

Il existe :

- La teinte BLACK, retransmet parfaitement les couleurs et est idéale pour les fortes intensités lumineuses.
- La teinte BRUN, permet l'augmentation des contrastes. Les couleurs « chaudes » assurent une vision lumineuse.
- La teinte GRIS, assure une excellente restitution des couleurs par tous les temps.
- La teinte PIONEER (gris-vert), réduit l'intensité lumineuse sans modifier le rendu des couleurs. (21)

1.3 Exemple chez le sportif

La pratique d'un sport nécessite souvent une protection solaire particulière. Tout dépend de l'environnement, des conditions de luminosité et des contraintes visuelles du sportif.

Au-delà de la correction optique, le verre joue, grâce à sa teinte spécifique, un rôle de renforcement de la vision des contrastes et donc d'optimisation des performances visuelles chez le sportif.

Par exemple, brun clair catégorie 2 pour le golf, jaune polarisant catégorie 2 pour le cyclisme, brun polarisant catégorie 3 pour les sports nautiques, brun foncé catégorie 4 pour l'alpinisme etc...

Ses teintes sont réalisées sur des verres en polycarbonates pour allier légèreté et résistance aux chocs. (23)

Chez le skieur, la réglementation européenne pour le masque de ski est plus restrictive que la réglementation standard précédemment décrite. Cela est dû à l'importance du rayonnement UV réfléchi sur la neige (environ 85%).

- catégorie S0 : transmission limitée entre 80 et 100 % de la lumière visible et inférieure à 3 % pour les UV B ;
- catégorie S1 : transmission limitée entre 43 et 80 % de la lumière visible et inférieure à 1,3 - 2,4 % pour les UV B ;
- catégorie S2 : transmission limitée entre 18 et 43 % de la lumière visible et inférieure à 0,5 - 1,3 % pour les UV B ;
- catégorie S3 : transmission limitée entre 8 et 18 % de la lumière visible et inférieure à 0,2 - 0,5 % pour les UV B ;
- catégorie S4 : transmission limitée entre 3 et 8 % de la lumière visible et inférieure à 0,1 - 0,2 % pour les UV B. ((22)

2. Filtres polarisants

2.1. Généralités

La polarisation est une distribution selon une loi physique déterminée du vecteur caractéristique d'une onde non longitudinale, notamment électromagnétique ; c'est également la modification de la distribution de ce vecteur lors de l'interaction de l'onde avec un milieu.

Appliquons ceci à la lumière : lorsque celle-ci est émise, elle vibre dans toutes les directions et donc est non polarisée. Lorsqu'elle se réfléchit sur une surface lisse (par exemple une flaque d'eau) elle se polarise, c'est-à-dire qu'elle ne vibre plus que sur un seul plan. Si lors de sa réflexion elle est guidée vers l'œil, cela peut produire un effet aveuglant (éblouissement) et donc, en fonction de la situation de l'individu, peut représenter un risque en matière de sécurité.

Les verres solaires traditionnels aident à réduire l'éblouissement provoqué par le soleil et ses réflexions, uniquement par la diminution globale du niveau de transmission de la lumière visible ; ils n'agissent pas spécifiquement sur la lumière réfléchie perturbatrice, et procurent donc un confort de vision limité. C'est pourquoi les verres polarisants ont été créés.

Ce filtre est composé de molécules positionnées horizontalement sur le verre, formant une grille. Il empêche que la lumière, arrivant initialement à l'œil du sujet, ne passe au travers, et donc évite la gêne occasionnée. (24)

2.2. Quels sont les avantages et les inconvénients de ces filtres sur la vision ?

Comme dit précédemment, les filtres polarisés font gagner en sécurité dans certaines situations mais pas seulement.

Ils apportent également des avantages visuels en améliorant les contrastes, favorisant alors une vision plus nette ainsi qu'un rendu plus brillant des couleurs.

Cela permet également de diminuer la fatigabilité visuelle du fait de la suppression de l'éblouissement.

Mais il faut savoir que l'atténuation de la lumière est en partie apportée par le principe même de la polarisation, excepté pour toutes les ondes ne vibrant pas dans le plan vertical.

De plus un filtre polarisant n'est pas naturellement protecteur contre les UV : cette propriété dépend des qualités du matériau auquel il est associé et/ou du traitement particulier de celui-ci. Par ailleurs, ces filtres peuvent également donner une perception de couleurs bleues ou pourpres sur certains parebrises de voiture, due à la polarisation de la lumière transmise par le parebrise, résultant de sa composition ou de son traitement. (23)

2.3. A qui les préconise-t-on ?

On recommandera donc ces filtres à des personnes se trouvant dans des situations de fort éblouissement. Par exemple en montagne, la neige reflétant énormément la lumière. Mais aussi lors d'activités nautiques, ou encore lors de la conduite. C'est dans ces situations où l'éblouissement est le plus important.

III. Filtres aidant à la réadaptation

Les filtres ont pour objectifs de transmettre sélectivement certaines radiations et d'en absorber d'autres totalement ou partiellement.

Ils peuvent jouer deux rôles différents :

- Un rôle de stimulation : pour transmettre sélectivement des longueurs d'ondes afin d'améliorer la perception du porteur.
- Un rôle de protection : pour atténuer l'énergie de la lumière pénétrant dans l'œil et/ou réduire ou annuler la nocivité de certaines longueurs d'ondes.

1. Filtres et Basse Vision

1.1. Généralité sur la Basse Vision

La déficience visuelle exprime une insuffisance ou une absence d'image perçue par l'œil. Elle correspond à une atteinte de l'œil ou des voies visuelles jusqu'au cerveau. Elle peut être acquise ou congénitale (accidents ou maladies, telles que le diabète, le glaucome ou encore la DMLA...). Le traitement des déficiences visuelles est pris en charge par le corps médical : traitements médicamenteux, chirurgie, optiques correctives, et plus particulièrement par les 3O : Ophtalmologiste, Orthoptiste et Opticien. La déficience peut porter sur l'acuité visuelle et /ou sur le champ visuel, d'un œil ou des deux yeux.

La diminution ou la suppression de la vue modifie d'autant nos performances dans la vie personnelle, familiale, sociale. (25)

En 2005 une enquête H.I.D (Handicap-Incapacité-Dépendance), réalisée en France métropolitaine, apporte un éclairage sur la situation des personnes ayant un handicap visuel. Elle évalue le nombre d'aveugles et de malvoyants profonds à 207 000, et de malvoyants moyens à 932 000. (26)

Les principales pathologies causant cette déficience sont la DMLA (dégénérescence maculaire liée à l'âge), le glaucome, le diabète, les maladies héréditaires comme la maladie de Stargardt, maladie de Leber, ... ainsi que le décollement de rétine. Les traumatismes oculaires tiennent également une place non négligeable.

Toutes ces causes, qu'elles soient acquises ou congénitales, apparaissent plus ou moins brutalement, avec en conséquence un retentissement psychologique variable suivant les cas. (27)

Pour aider ces patients à surmonter ce handicap, il existe différents types d'aides visuelles : pour les déplacements (cannes blanches, chien guide), pour la communication (les aides optiques ou optoélectroniques, les interfaces d'ordinateurs, machine à écrire et traitement de textes en braille). Mais seulement 15 % des déficients visuels (soit 264 000 personnes environ) déclarent utiliser une aide visuelle pour les déplacements ou la communication. (26)

1.2. Qu'apporte un filtre thérapeutique pour les patients Basse Vision ?

La teinte d'un filtre résulte des longueurs d'ondes qu'il laisse passer jusqu'à la rétine. Les filtres habituels possèdent une teinte grise, verte ou brune et vont filtrer de manière plutôt équilibrée le spectre lumineux.

Il faut savoir que les seuils d'inconfort à la sensibilité aux contrastes et à l'éblouissement sont diminués chez les personnes malvoyantes. Donc avec des filtres solaires classiques, l'absorption sera trop importante et la vision sera dégradée.

Les filtres thérapeutiques vont donc répondre à ces deux problématiques : le besoin de contraste et la diminution de l'éblouissement. (28)

Ces filtres sont réalisés par traitement de surface sur des verres organiques ou sur d'autres types de matériaux, qu'ils soient correcteurs ou afocaux.

Ces aides optiques apportent une protection contre les ultraviolets, améliorent la perception des contrastes, l'acuité visuelle et procurent un meilleur confort visuel. Ils vont soustraire une partie ou la totalité de la lumière bleue du spectre de la lumière.

Mais il n'existe pas de relation univoque entre l'atteinte visuelle, les caractéristiques de transmission/absorption du filtre et le confort qu'il peut procurer.

Seul l'essai par le patient, en conditions réelles d'utilisation et au moyen de faces supplémentaires ou de sur-lunettes enveloppantes, permet de déterminer la teinte et l'intensité du filtre le plus efficace. (29)

Avant d'expliquer les principes généraux pour l'adaptation des filtres thérapeutiques chez le patient, il faut savoir que chaque couleur de filtres a des absorptions diverses et donc des qualités optiques qui leur sont propres.

La lumière bleue correspondant aux courtes longueurs d'onde est responsable du vieillissement cellulaire. Celle-ci va être absorbée par des filtres aux teintes allant du jaune orangé au rougeâtre. Il faut savoir que plus la coupure nanométrique du filtre sera grande plus le bleu sera absorbé. Au-delà de 550 nanomètres, il est absorbé en totalité et la sensibilité générale de tous les photorécepteurs est baissée. De plus, cette absorption atténue l'éblouissement car les basses longueurs d'ondes sont plus diffractées que le reste du spectre lumineux.

Le filtre jaune est utilisé en photographie par temps gris, permettant de donner du relief à la scène, mais aussi chez le skieur pour percevoir le sommet et le creux de la bosse. Ce filtre est principalement utilisé chez les personnes malvoyantes pour des activités de lecture/écriture ou de déplacement extérieur par temps gris pour mieux identifier le bord du trottoir de la chaussée. Cette coloration permet de mettre l'œil et la fonction visuelle au maximum de sa sensibilité chromatique. Celui-ci transmet plus de 85% de la lumière incidente. (30)

Roseblum et al ont réalisé une étude en 2000 sur les filtres spectraux en correction basse vision. Ils ont testé sur 15 patients adultes atteints de cataracte partielle et sur 80 enfants atteints de pathologie congénitales (hypoplasie maculaire, albinisme, aphakie après cataracte congénitale) quatre types de filtres, jaunes, ambre et orange. Les filtres ont été sélectionnés en examinant l'acuité visuelle, la sensibilité au contraste, la sensibilité à l'éblouissement et la sélection subjective par les patients.

Les effets des filtres étaient : une augmentation de 11 à 43% de l'acuité visuelle corrigée, progression de 27 à 34% de la fonction de sensibilité au contraste pour toutes les fréquences et une réduction significative de la sensibilité à l'éblouissement. Tous les patients ont signalé une amélioration subjective, notamment une réduction de la photophobie, de la fatigue oculaire et de l'inconfort oculaire. Ils ont démontré que les filtres colorés peuvent contribuer considérablement à la réadaptation des patients malvoyants. Cette étude sera détaillée plus tard. (31)

De plus, certains auteurs (notamment Leat et al en 1990(32)) ont souligné que les filtres jaunes et oranges peuvent améliorer la qualité de l'image rétinienne dans le cas d'opacité des milieux car ils diminuent la diffusion de la lumière dans les milieux oculaires. Et c'est particulièrement le cas pour les patients atteints de cataracte partielle.

Les filtres réduisent également les effets de l'aberration chromatique.

Par conséquent, les filtres jaune et orange sont capables d'augmenter la sensibilité aux contrastes et l'acuité visuelle. (32)

Cela peut donc être utile chez les patients malvoyants présentant différentes pathologies oculaires car ils se plaignent souvent d'une sensibilité accrue à l'éblouissement. Les filtres à courtes longueurs d'ondes sont également utiles en présence d'éblouissement. (33,34)

1.3. Comment bien choisir un filtre pour les patients Basse Vision ?

Il existe quelques principes généraux pouvant aider au choix du verre filtrant le plus approprié :

Tout d'abord, le choix du verre filtrant résulte de la collaboration entre l'adaptateur et le patient. C'est le patient qui, le plus généralement, procède lui-même au choix du filtre selon les recommandations qui lui sont faites et parmi une pré-sélection de filtres qui lui sera proposée.

Ce type de verre agit selon ses deux caractéristiques principales : sa sélectivité spectrale qui influe sur la perception visuelle et son intensité qui influe sur l'éblouissement.

C'est donc pour cela, que l'opticien procédera d'abord au choix de la teinte du filtre pour améliorer la vision du patient et, par la suite, au choix de l'intensité du filtre pour le protéger de la lumière.

En pratique, l'opticien utilisera d'abord la méthode dite « objective ». C'est-à-dire qu'il mesurera, à l'aide d'une échelle d'acuité et/ou de sensibilité de contraste, l'efficacité du filtre dans l'amélioration de l'acuité visuelle et/ou la perception de contraste ainsi que le confort visuel global du patient.

Cette évaluation s'effectue par comparaisons successives avec des filtres du plus clair au plus foncé, ayant des coupures UV croissantes : 400, 450, 500, 511, 527 nm, etc...

Elle peut aussi être réalisée au moyen de logiciels spécifiques permettant de mesurer, pour différents filtres, le gain de perception des contrastes.

Puis il utilise une méthode « subjective » d'évaluation des filtres par le sujet lui-même : cela consiste à lui faire essayer les verres filtrants en situation réelle d'utilisation, et plus particulièrement dans la situation d'une tâche visuelle à réaliser ou en environnement extérieur.

En général, les patients malvoyants ont le plus souvent besoin de plusieurs verres filtrants pour constituer leur équipement idéal : un filtre pour l'intérieur et, un ou plusieurs filtres pour l'extérieur en fonction des conditions de luminosité ou des tâches à accomplir. Pour déterminer les filtres nécessaires, il commence toujours par déterminer le filtre optimal (en teinte et intensité) pour l'usage en intérieur. Puis, pour l'extérieur, il essaiera en première intention un filtre de teinte identique à celui pour l'intérieur mais d'intensité plus élevée.

Le choix d'un filtre est toujours un compromis entre le confort visuel et la qualité de vision, un compromis entre la protection et la perception. En effet, un filtre trop intense risque de faire chuter la vision du patient et, à l'inverse, un filtre trop clair risque de ne pas procurer le confort visuel attendu. Pour choisir le meilleur compromis, il est nécessaire pour l'adaptateur de pouvoir évaluer ce qui de la protection ou de la perception est le plus important pour le patient. (29)

De plus, Eperjesi et al. ont tenté de mettre en place, en 2002, une méthode universelle pour choisir un filtre thérapeutique.

Cependant, leur recherche dans la littérature n'a pas permis de trouver de protocole scientifique pour aider aux décisions de prescription de verres teintés. Pour eux, il est impossible de baser les recommandations de verres teintés uniquement sur le type de tâche ou l'état oculaire. Donc jusqu'à ce que des études plus approfondies soient menées, les praticiens des soins oculaires devront continuer à s'appuyer sur la littérature marketing, les rapports subjectifs, des observations en clinique et les résultats d'essais réels pour décider si la fourniture de lentilles teintées et de filtres à une personne malvoyante est appropriée.

Cependant ils s'accordent sur le fait que le choix de filtre thérapeutique doit se composer en trois temps :

- Un essai en intérieur, avec une évaluation subjective et objective
- Un essai en extérieur, avec une évaluation uniquement subjective
- Une période d'essai de 3 à 6 semaines, avec un prêt du filtre pour le patient. (35)

Mais d'autres auteurs, comme Rosenblum et al. (31) soutiennent qu'il faudrait choisir le filtre en fonction de la pathologie.

2. Un type de filtre adapté à une pathologie

2.1. La cataracte

Dans le cas des yeux aphakes, l'aberration chromatique et la diffusion de la lumière augmentent considérablement et la qualité de l'image sur la rétine devient très mauvaise. Cela est dû au fait que la lumière visible, UV et à ondes courtes, n'est pas coupée et peut atteindre la rétine. Dans cette situation, la différence de réfraction entre la lumière à ondes courtes et à ondes longues gagne jusqu'à 3,0–4,0 D. Ces facteurs peuvent donc expliquer l'amélioration de l'acuité visuelle et de la sensibilité au contraste dans les cas d'aphakie par l'utilisation de filtres jaunes, qui réduisent l'aberration chromatique et la diffusion de la lumière.(31)

Rosenblum et al. (31) ont réalisé en 2000 une étude sur les filtres spectraux en correction basse vision. Ils ont réalisé cette analyse sur 15 patients atteints de cataracte partielle précoce, ainsi que chez 13 enfants aphakes après ablation de la cataracte congénitale. Les 15 patients de cette étude avaient une acuité visuelle corrigée entre 0,2 et 0,7, et étaient âgés de 45 à 72 ans. Les 13 enfants avaient une acuité visuelle corrigée qui variaient entre 0,06 et 0,7, et étaient âgés de 6 à 12 ans.

Pour cette pathologie, ils ont sélectionné un filtre jaune à 50% de transmission à 490 nm, qui absorbe la lumière en dessous de 390 nm et qui transmet intégralement la lumière au-dessus de 500 nm. Ils ont choisi celui-ci car il possède les caractéristiques spectrales du cristallin naturel de l'adulte.

Les résultats étaient les suivants :

Nombre de patients	Nombre de yeux	Augmentation moyenne des capacités visuelles.	
		Acuité visuelle (%)	Sensibilité aux contrastes (%)
15	30	43	32
13	26	19	27

Tableau 5 Augmentation des fonctions visuelles grâce au filtre jaune chez les sujets atteints de cataractes partielles précoces et chez les enfants aphakes

Ils ont observé une augmentation globalement moyenne, 43% de l'acuité visuelle et 32% de la sensibilité au contraste avec le filtre jaune chez les sujets atteints de cataractes partielles précoces. Pour les enfants aphakes, les résultats sont plus faibles, 19% pour l'acuité visuelle, et 27% pour la sensibilité au contraste.

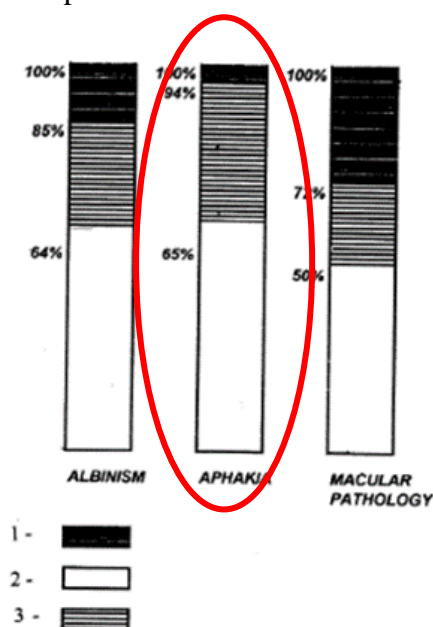


Figure 8 La valeur de la diminution de la sensibilité à l'éblouissement par des filtres de couleurs.

La diminution de la sensibilité à l'éblouissement avec les filtres chromatiques est illustrée ci-contre.

Sur ce diagramme chaque chiffre correspond à une condition d'examen. Le 1 (en noir) correspond à l'acuité visuelle, soit au témoin. Le 2 (en blanc) correspond à l'acuité visuelle avec le troisième degré d'éblouissement, soit 3000 cd.m⁻². Et enfin le 3 (en rayé) correspond à l'acuité visuelle avec le filtre et le troisième degré d'éblouissement (qui reste à la valeur précédemment donnée).

Sans filtre, l'effet d'éblouissement sur l'acuité visuelle était faible chez les personnes atteintes d'aphakies (diminution à 65% de l'acuité visuelle), et l'amélioration de l'acuité visuelle obtenue par le filtre était maximale (presque complète, 94%).

Au niveau de la sensibilité au contraste, ils l'ont analysée pour des fréquences spatiales basses, intermédiaires et plus élevées. Les résultats sont représentés dans l'annexe 1 pour ceux atteints de cataractes partielles et l'annexe 2 pour les enfants ayant eu l'ablation de la cataracte congénitales.

Pour la sensibilité au contraste, ils ont remarqué une plus grande amélioration pour la fréquence spatiale basse et celle considérée comme la plus élevée, à contrario de la fréquence intermédiaire où ils ont retrouvé un pourcentage d'amélioration plus faible. (Voir Annexe 1.)

Pour la sensibilité au contraste chez les enfants aphakes, ils ont constaté une plus grande amélioration pour les fréquences spatiales considérées comme les plus élevées, à contrario des fréquences intermédiaires et basses où le pourcentage d'amélioration est assez faible.

Cependant, au vu du nombre d'yeux étudiés dans le cas des fréquences considérées élevées, les résultats sont moins fiables que ceux pour les fréquences intermédiaires et basses. (31)
(Voir Annexe 2.)

Le bulletin numéro 15 de l'association ARIBA datant de 2005 informe sur le fait que les filtres jaune-orangés et rouges peuvent être conseillés par temps clair pour les personnes aphakes. (36)

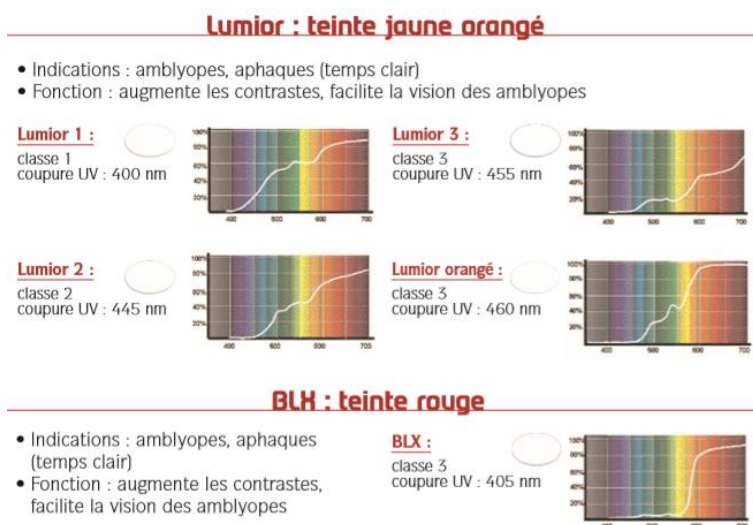


Figure 9 Indication et fonction des filtres jaune-orangés et rouges par ARIBA

Quant à l'amélioration de la qualité de la vision, il convient de souligner que les filtres jaunes et oranges peuvent améliorer la qualité de l'image rétinienne en diminuant la diffusion de la lumière dans les milieux oculaires. (32)

En cas d'opacité des milieux, les filtres jaunes diminuent la diffusion de la lumière et peuvent également améliorer la fonction visuelle. C'est particulièrement le cas pour les patients atteints de cataracte partielle.

Hoelt et Hughes (37) ont également constaté que les patients atteints de cataracte pouvaient bénéficier d'une grande variété de teintes (toutes sauf celle qui a une coupure à environ 500nm).

2.2. Les Pathologies maculaires

Dans la même étude (31), Roseblum et al ont analysé vingt-sept patients, âgés de 8 à 14 ans, qui présentaient une dystrophie maculaire congénitale (27 avaient une achromasie congénitale, 9 une abiotrophie tapeto-rétinienne centrale). L'acuité visuelle corrigée variait de 0,07 à 0,2 (moyenne = $0,12 \pm 0,03$). Tous les patients avaient un nystagmus et 8 avaient un strabisme. Tous avaient une anomalie au niveau de la vision des couleurs : proto- et deutéro-anopie ou proto- ou deutéro-anomalie de haut grade.

Dans cette étude, ils ont analysé le pourcentage d'amélioration de l'acuité visuelle, de la sensibilité au contraste et de la diminution de la sensibilité à l'éblouissement.

Leur première intention a été de diminuer la photophobie. Ceci peut être réalisé en filtrant la lumière dans la bande de sensibilité des photorécepteurs.

Cependant, les récepteurs coniques doivent être simultanément exposés à la lumière. C'est pourquoi le filtre orange avec une transmission dans la zone de 520 nm a été utilisé.

Ce filtre a pu réduire le phénomène de photophobie qui était lié à la perturbation de l'interaction entre les cônes de la macula et les bâtonnets de la rétine périphérique.

Les résultats de l'étude étaient les suivants.

Nombre de patients	Nombre de yeux	Augmentation moyenne des capacités visuelles.	
		Acuité visuelle (%)	Sensibilité aux contrastes (%)
27	54	11	34

Tableau 6 Augmentation des fonctions visuelles grâce au filtre orangé chez les sujets atteints de dystrophie maculaire congénitale

Ils ont observé une faible augmentation de l'acuité visuelle avec le filtre orangé (11%) ainsi qu'une augmentation moyenne de la sensibilité au contraste de 34%.

Au niveau de la sensibilité au contraste, ils l'ont analysée pour des fréquences spatiales basses, intermédiaires et plus élevées. Les résultats ont montré que l'amélioration était meilleure pour les fréquences spatiales les plus élevées, et donc un peu plus faible pour les fréquences intermédiaires et basses. (Voir Annexe 3.)

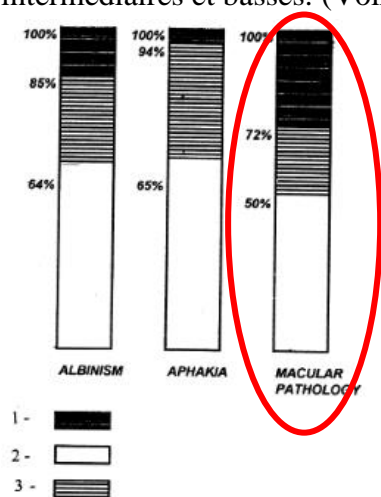


Figure 10 La valeur de la diminution de la sensibilité à l'éblouissement par des filtres de couleurs.

Pour la sensibilité à l'éblouissement ils retrouvent, en l'absence de filtre, un effet d'éblouissement sur l'acuité visuelle qui était maximal dans les cas de pathologie maculaire (diminution de 50% de l'acuité visuelle), et l'amélioration de l'acuité visuelle obtenue par le filtre était minime pour ce type de pathologie (72%).

Dans les cas de dystrophies maculaires congénitales, l'effet le plus important des filtres oranges est la diminution de la photophobie. Ces filtres sont également capables de diminuer l'aberration chromatique et par conséquent d'augmenter le contraste de l'image rétinienne.

2.3. L'albinisme

En raison de l'absence de mélanine dans l'iris et la rétine de l'œil albinos, la lumière intra-oculaire diffusée dans l'œil est extrêmement élevée. Van den Berg (34) a démontré, en 1986, que les personnes souffrant d'hypopigmentation rétinienne ont une diffusion intra-oculaire accrue de la lumière. Dans le même temps, les patients albinos ont une photophobie, une sensibilité élevée à l'éblouissement et souvent un nystagmus.

Hoelt et Hughes (37) ont réalisé une étude sur une centaine de patients malvoyants qui se plaignaient de sensibilité à la lumière. Ils ont pu sélectionner l'un des cinq filtres qui leur ont été proposés. Les résultats ont montré que les patients albinos ont choisi des filtres ambrés afin de contrôler la lumière atteignant leurs yeux.

Ainsi, les filtres d'ambre foncé, qui coupent la partie des ondes courtes du spectre et diminuent considérablement l'intensité lumineuse, sont capables de diminuer tous ces phénomènes visuels défavorables.

Il est évident que la diminution de l'amplitude du nystagmus améliore la qualité de l'image sur la rétine. Certains patients atteints d'albinisme et de pathologie maculaire congénitale ont besoin de filtres neutres supplémentaires qui seront portés les jours d'ensoleillement.

L'étude de Roseblum et al. (31), en 2000, a également été réalisée sur 80 enfants atteints de pathologies congénitales, et parmi eux, quarante-deux enfants âgés de 5 à 17 ans souffraient d'albinisme oculo-cutané ou oculaire. L'acuité visuelle corrigée variait de 0,09 à 0,5. Tous les patients avaient un nystagmus, et 25 avaient un strabisme. La vision des couleurs était normale. Il faut savoir qu'en cas d'albinisme, il est nécessaire de limiter l'intensité de la lumière pénétrant dans l'œil et de réduire la diffusion de la lumière dans la rétine.

Dans cette étude ils ont analysé le pourcentage d'amélioration de l'acuité visuelle, de la sensibilité au contraste et celui de la diminution de la sensibilité à l'éblouissement.

Lors de cette étude ils ont utilisé un filtre orange ambré avec une transmission de 17% au niveau de 560 nm. La caractéristique spectrale de ce filtre était similaire au spectre des pigments oculaires naturels : la mélanine de l'iris, l'épithélium pigmentaire rétinien et les carotinoïdes de la région maculaire. Le filtre était suffisamment sombre pour diminuer la photophobie et améliorer le confort visuel.

Les résultats sont les suivants :

Nombre de patients	Nombre de yeux	Augmentation moyenne des capacités visuelles.	
		Acuité visuelle (%)	Sensibilité aux contrastes (%)
42	84	12	25

Tableau 7 Augmentation des fonctions visuelles grâce au filtre orangé chez les sujets atteints

Ils ont retrouvé chez les albinos une faible augmentation de l'acuité visuelle de 11% et une augmentation moyenne de la sensibilité aux contrastes de 25% avec les filtres ambrés. L'acuité visuelle a été mesurée avec l'échelle des anneaux de Landolt.

La sensibilité au contraste a été mesurée par le graphisme de Shelepin special avec les trois types de fréquences spatiales : basse, intermédiaire et haute.

Les scientifiques ont observé une faible amélioration de cette sensibilité avec les fréquences spatiales basses et intermédiaires. Pour la fréquence spatiale la plus élevée, l'amélioration est plus significative que les deux précédentes. (Voir Annexe 4.)

La diminution de la sensibilité à l'éblouissement avec les filtres chromatiques est illustrée ci-contre.

Sans filtre, l'effet d'éblouissement sur l'acuité visuelle était intermédiaire chez l'albinos (diminution à 64% de l'acuité visuelle), et l'amélioration de l'acuité visuelle obtenue par le filtre était également intermédiaire (85%).

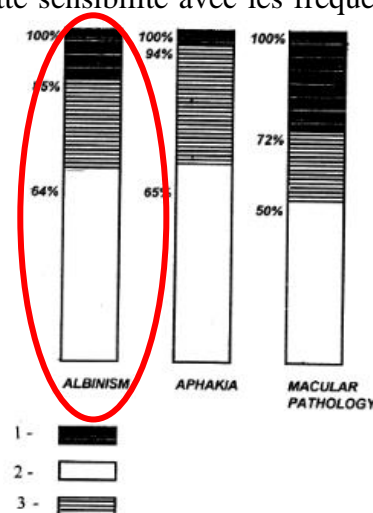


Figure 11 La valeur de la diminution de la sensibilité à l'éblouissement par des filtres de couleurs.

Les données présentées sont en bon accord avec les conclusions d'autres auteurs. Comme par exemple Leat et al. (32) qui ont montré, en 1990, une tendance des filtres absorbant les ondes courtes à produire une amélioration des performances visuelles dans certaines conditions oculaires.

2.4. La rétinite Pigmentaire

Morrisette et al. (38) ont constaté, par le biais d'une étude réalisée en 1984, que 26 des 36 patients ayant une rétinite pigmentaire, et qui avaient essayé la lentille CPF-550, l'avait acceptée. Les patients avaient signalé des améliorations telles qu'une diminution du temps d'adaptation à l'obscurité et à la lumière, moins de maux de tête, un confort oculaire accru et des fonctions visuelles améliorées, par exemple la reconnaissance des détails, la discrimination des contrastes (mais pas une meilleure reconnaissance des couleurs). La plupart des porteurs de lentilles ont trouvé celles-ci bénéfiques dans un éclairage intérieur brillant et un temps ensoleillé ou brumeux.

Lynch et Brilliant (39), qui ont également étudié cette lentille en 1984, ont constaté que l'acuité visuelle était augmentée avec les lentilles CPF-550 sur 23 des 30 yeux testés.



Figure 12 Verre filtrant CPF 550. Les pourcentages représentent le taux de transmission

De plus, en 2011, une étude portant sur l'évaluation de la sensibilité au contraste avec des lentilles de contact filtrantes chez les patients atteints de rétinite pigmentaire a été réalisée par Carracedo et al (40). Le but de cette étude était de savoir si les lentilles de contact avec filtres optiques pouvaient être bénéfiques pour l'éblouissement et la photophobie chez les patients atteints de rétinite pigmentaire. 15 individus (4 femmes et 11 hommes âgés de 45 à 60 ans) atteints de cette pathologie ont participé à l'étude. Ils ont tous été évalués avec des lentilles de contact souples à filtre (MaxSight), des verres filtrants (CPF 527) et sans filtres (servant pour le contrôle).



Figure 14 Verre filtrant CPF 527

Dans ces 3 conditions, l'acuité visuelle corrigée, la sensibilité au contraste (sans éblouissement et avec éblouissement central et périphérique) et un questionnaire subjectif spécifique sur la qualité de la vision, ont été analysés.



Figure 13 Lentille souple MaxSight

Les résultats étaient les suivants.

Pour l'acuité visuelle, elle était de $0,23 \pm 0,08$ LogMAR sans filtre, $0,19 \pm 0,06$ LogMAR avec le MaxSight et $0,19 \pm 0,07$ LogMAR avec le CPF 527. L'acuité retrouvée est légèrement meilleure avec les filtres que sans, mais les différences ne sont pas statistiquement significatives ($p = 0,133$ avec MaxSight et $p = 0,156$ avec CPF-527).

Pour la sensibilité au contraste, en absence d'éblouissement, ils ont constaté que la plus grande amélioration a été retrouvée avec le filtre pour lentilles de contact.

Cette différence était statistiquement significative pour toutes les fréquences ($p < 0,05$) sauf pour la 3 cpd.

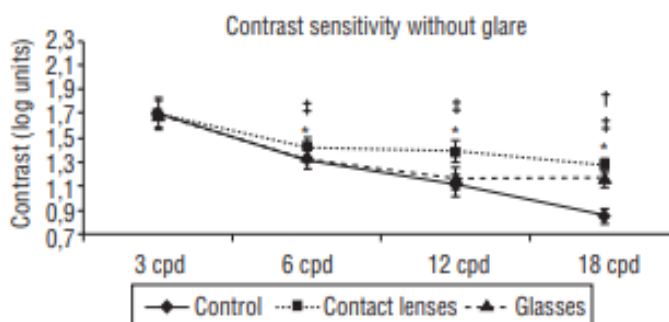


Figure 15 Sensibilité aux contrastes sans éblouissement.

La seule différence significative entre la non-utilisation d'un filtre et l'utilisation du filtre à lunettes, se trouve pour la fréquence la plus élevée, soit la 18 cpd ($p < 0,005$).

Pour la sensibilité au contraste avec un éblouissement central, ils ont retrouvé des différences significatives pour la fréquence de 18 cpd et 3 cpd entre le filtre de lentilles de contact et le groupe témoin ($p < 0,05$).

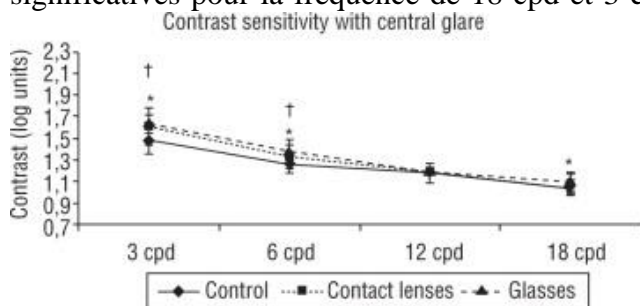


Figure 16 Sensibilité aux contrastes avec éblouissement central

Enfin, les lectures avec éblouissement périphérique ont montré les plus petites différences entre les trois groupes. Ils ont noté une amélioration avec le CPF 527 et MaxSight par rapport au contrôle des deux fréquences les plus élevées, 12 cpd et 18 cpd ($p < 0,05$).

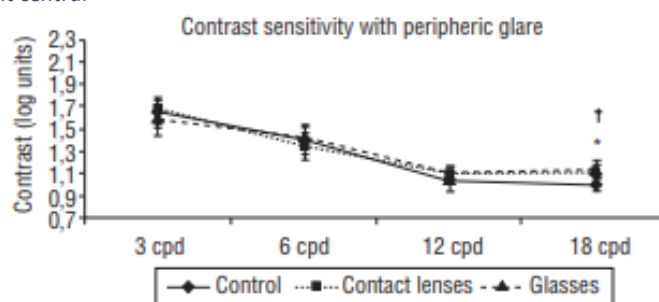


Figure 17 Sensibilité aux contrastes avec éblouissement périphérique

Enfin, le questionnaire portait sur le confort des patients dans 4 conditions.

	Préfère filtre sur lentille de contact (%)	Préfère filtre sur lunette (%)	Ne préfère pas de filtre (%)
Eblouissement extérieur	67	11	22
Eblouissement intérieur	89	0	11
Perception des couleurs	11	11	78
Confort intérieur	67	11	22

Tableau 8 Réponses aux tests subjectifs

Il en ressort que le plus grand confort a été obtenu en portant le filtre de lentilles de contact par rapport au filtre de lunettes dans des conditions d'éblouissement intérieur et extérieur, ainsi que dans le confort intérieur. Les deux filtres n'ont montré aucune différence significative concernant la perception des couleurs. En effet les sujets préfèrent ne pas porter de filtres.

Leurs résultats montrent que 77,7% des patients préfèrent une alternance entre les verres et les lentilles ou même de remplacer les verres par des lentilles de contact. Les 22,3% restants préfèrent les lunettes aux lentilles de contact.

L'objectif de cette étude était d'obtenir des informations sur les préférences du patient pour comparer les deux types de filtres.

L'une des critiques les plus courantes chez les patients utilisant les filtres sur lunettes est liée aux activités en intérieur car ces filtres diminuent la luminosité et donc la visibilité des objets.

Les résultats de cette étude montrent une amélioration significative de la sensibilité au contraste pour les patients atteints de rétinite pigmentaire lors du port des filtres sur des lentilles de contact ou sur lunettes par rapport à l'absence de ceux-ci.

Ces filtres pourraient donc être utiles aux patients souffrant de rétinite pigmentaire pour améliorer la sensibilité au contraste et l'acuité visuelle, bien qu'il existe peu de preuves indiquant que les filtres améliorent les capacités visuelles. Il faut savoir que cette étude a été réalisée sur des patients souffrants de dystrophie de Botnie, qui est une variante de la rétinite pigmentaire.

De plus, les résultats montrent que les deux tiers des patients étaient plus à l'aise avec les lentilles de contact que les filtres pour une utilisation en intérieur. Cela pourrait être dû au fait que les patients atteints de rétinite pigmentaire ont des difficultés à s'adapter même à de petits changements dans les niveaux de lumière, et que le port d'un filtre pour lentilles de contact offre probablement une adaptation constante à l'obscurité, diminuant les symptômes de sensibilité à la lumière.

Cependant il existe 2 limites pour l'utilisation de ces lentilles de contact.

La première est que cette lentille est supprimée du marché et n'est donc plus une option de traitement pour les patients atteints de rétinite pigmentaire.

La deuxième est un inconvénient esthétique, car du fait de sa teinte complète, la couleur orange se démarque du limbe scléro-cornéen. Cette lentille a été initialement conçue pour la pratique d'activités sportives (football, tennis, ...), par conséquent, l'aspect esthétique avait peu d'importance. Malgré ces limites, cette étude pourrait ouvrir de nouvelles voies de recherche en rééducation basse vision pour les patients atteints de rétinite pigmentaire. (40)

Au-delà des études, la société ZEISS a créé des filtres spécifiques à la rétinite pigmentaire.

Elle explique qu'il y a deux types de filtres en fonction des conditions auxquelles le patient est confronté :

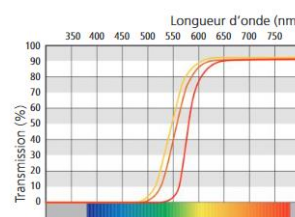
- Les filtres spéciaux F540, F560 et F580 sont préconisés pour un port permanent
- Les filtres F60, F80 et F90 pour une protection solaire.

Ces filtres améliorent généralement le bien être visuel. (41)

LES FILTRES F 540, F 560, F 580



Courbes de transmission des verres filtrants F 540, F 560 et F 580



LES FILTRES F 60, F 80, F 90



Courbes de transmission des verres filtrants F 60, F 80 et F 90

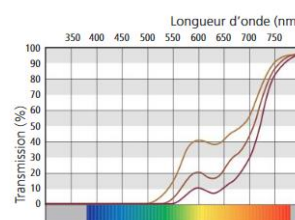


Figure 18 Filtres Rétinite Pigmentaire et courbes de transmission

2.5. La rétinopathie diabétique

Une étude (42), datant de 2015, par Naser Sadeghpour et al., a été réalisée sur 51 patients (20 hommes et 31 femmes), âgés en moyenne de 57,35 ans et atteints de rétinopathie diabétique. Ils ont utilisé des notations LogMAR pour évaluer l'acuité visuelle et un graphique de sensibilité au contraste (CSV-1000) pour la mesurer.

Tout d'abord, les mesures ont été effectuées sans filtre teinté, puis avec 4 sortes différentes en CR-39 : 527 ± 10 , 511 ± 10 , 450 ± 10 et 550 ± 10 nm. Le filtre qui a donné le meilleur résultat a été donné aux patients, puis il leur a été demandé de les porter dans trois conditions : à la

maison, à l'extérieur et en regardant la télévision. 2 jours plus tard, ils devaient se représenter à la clinique, afin d'évaluer leur satisfaction dans ces trois conditions.

Les variables quantitatives ont été présentées sous forme de moyenne \pm écart-type et les valeurs de $p < 0,05$ étaient considérées comme statistiquement significatives.

Les résultats étaient les suivants.

Ils ont retrouvé une amélioration statistiquement significative de l'acuité visuelle en utilisant le filtre 527 ± 10 nm ($P = 0,01$), mais aucune amélioration évidente de l'acuité visuelle n'a été signalée en utilisant d'autres filtres teintés.

Filters (nm)	Mean \pm SD	P
450	0.699 \pm 0.2035	1
511	0.655 \pm 0.2033	0.063
527	0.630 \pm 0.2216	0.01
550	0.675 \pm 0.2072	0.157

nm, nanometre; SD, standard deviation

Tableau 9 Moyenne de l'acuité visuelle (\pm écart type) avec différents filtres

Filters (nm)	Frequency A		Frequency B	
	Mean \pm SD	P	Mean \pm SD	P
Without filter	1.21 \pm 0.23	-	1.17 \pm 0.26	-
450	1.21 \pm 0.23	1	1.175 \pm 0.225	1
511	1.27 \pm 0.265	0.01	1.27 \pm 0.31	<0.0005
527	1.37 \pm 0.25	0.0005	1.36 \pm 0.27	<0.0005
550	1.21 \pm 0.227	0.317	1.17 \pm 0.26	1

nm, nanometre; SD, standard deviation; Frequencies A, spatial frequencies of 3 cycle/degree; Frequencies B, spatial frequencies of 6 cycle/degree

Tableau 10 Écart moyen et standard pour la sensibilité au contraste à l'aide de différents filtres

Avec les filtres 527 ± 10 et 511 ± 10 nm, la sensibilité au contraste s'est améliorée à des fréquences spatiales de 3 (Fréquence A) et 6 (Fréquence B) cycle / degré. Cependant, ils n'ont observé aucun changement en utilisant les filtres 450 ± 10 et 550 ± 10 nm.

De plus, au niveau des résultats subjectifs, 69% des patients étaient satisfaits de leur vision après avoir utilisé leurs filtres teintés à l'intérieur contre 31% des patients qui, pour eux, trouvaient que les filtres teintés n'avaient aucun effet ou avaient même aggravé leur problème. 78% des patients étaient satisfaits de ces filtres en utilisation extérieure. 49% des individus ont rapporté subjectivement une amélioration de la vision en regardant la télévision, mais les 51% restants n'étaient pas satisfaits d'utiliser ces filtres en regardant leur écran et rapportaient qu'il n'y avait pas de différence significative entre ces deux conditions.

Les résultats de l'étude montrent donc que l'acuité visuelle et la sensibilité au contraste se sont améliorées de manière significative avec le filtre 527 ± 10 nm, et la sensibilité au contraste s'est également améliorée de manière significative avec le filtre 511 ± 10 nm. Ces effets peuvent être dus à la capacité des filtres à empêcher la diffusion de la lumière.

La satisfaction des patients à l'égard de leur vision était considérablement plus élevée en utilisant les filtres à l'intérieur et à l'extérieur. Cependant, la satisfaction de leur utilisation devant la télévision était équivoque.

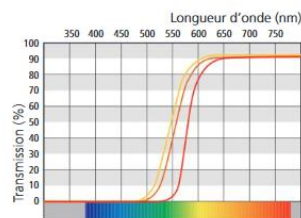
Cette étude est en cohérence avec celle réalisée par Leat et al (32) qui avait conclu que l'effet des lentilles teintées sur les patients atteints de rétinopathie diabétique est inférieur à celui des personnes ayant d'autres pathologies basse vision, ainsi que l'étude réalisée par Nguyen et Hoeft. où ils ont démontré que les personnes diabétiques préféraient le filtre 511 ± 10 nm aux autres filtres. (43)

Au-delà des études, la société ZEISS a créé des filtres spécifiques à la rétinopathie diabétique. Elle explique que ces filtres F540, F560, F580, F60, F80 et F90 absorbent la plage spectrale dans laquelle les cônes sont sensibles, en les protégeant. Ils amenuisent ainsi l'éblouissement et facilite l'adaptation de la perception visuelle du patient aux fluctuations de la lumière. (41)

LES FILTRES F 540, F 560, F 580



Courbes de transmission des verres filtrants F 540, F 560 et F 580



LES FILTRES F 60, F 80, F 90



Courbes de transmission des verres filtrants F 60, F 80 et F 90

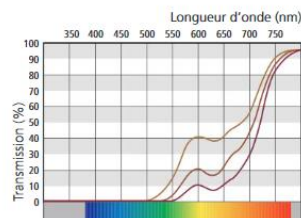


Figure 19 Filtres Rétinopathie diabétique et courbes de transmission

3. Filtres et dyslexie

La dyslexie affecte le développement scolaire des enfants. En effet, dans le processus d'apprentissage, les activités académiques nécessitent la lecture et l'écriture. Ceci conduit à un stress visuel, dont la prévalence est plus importante chez les personnes dyslexiques que chez les autres.

Les symptômes de ce stress sensoriel comprennent des sensations de fatigue oculaire, de luminosité excessive et diverses distorsions perceptuelles, telles que la décoloration, le flou, le scintillement et le mouvement de certaines parties du stimulus visuel.

Pour prévenir et minimiser celui-ci, des études sur l'utilisation de filtres colorés pour les enfants souffrant de dyslexie ont été réalisées.

Tout d'abord, Ray et al. (44) ont réalisé en 2005 une étude sur l'apport des filtres jaunes sur la lecture. Cette étude a été réalisée sur 38 enfants dyslexiques âgés de 7 à 14 ans. Leurs capacités de lecture ont été évaluées une première fois sans aucun filtre, puis certains ont porté pendant 3 mois des filtres jaunes tandis que d'autres ont utilisé des placebos.

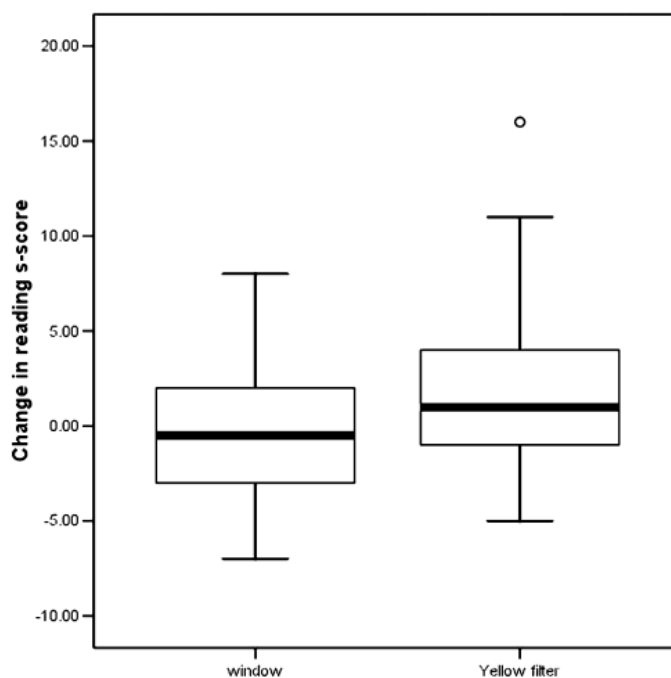


Figure 20 Changement de la capacité de lecture après un filtre jaune ou un traitement placebo

Le placebo était une carte avec une fenêtre rectangulaire découpée, permettant de visualiser une seule ligne. Cette carte était considérée comme bénéfique car diminuait les distracteurs. Ces capacités ont ensuite été réévaluées.

Les résultats montrent que la capacité de lecture a augmenté significativement chez ceux qui avaient porté un filtre jaune pendant trois mois plutôt que chez ceux qui avaient utilisé le placebo ($F = 4,1$, $P < 0,05$). (Voir Figure 20.)

Ces auteurs considéraient les filtres colorés comme une intervention efficace pour les lecteurs retardés, et ils ont suggéré que la couleur jaune augmentait l'entrée dans le système magnocellulaire en stimulant sélectivement les cônes L et M.

Une autre étude réalisée par Henderson et al. (45), en 2013, portait sur l'effet des filtres colorés sur la lecture des enfants de premier cycle avec et sans dyslexie. Les couleurs les plus fréquemment choisies dans le groupe dyslexique étaient bleu, vert lime, vert menthe et orange. Ils ont remarqué que les deux groupes ont lu plus de mots par minute avec leurs filtres que sans, et que le groupe dyslexique a montré des gains légèrement plus importants dans le taux de lecture avec une superposition par rapport aux témoins (individus non dyslexique).

	Phase 1			Phase 2		
	Avec superposition	Sans superposition	% amélioration	Sans superposition	Avec superposition	% amélioration
Témoin	182,01 ±27,53	172,24 ±31,01	6,47 ±7,94	189,53 ±30,71	178,45 ±30,95	5,93 ±5,03
Dyslexie	156,83 ±26,87	143,22 ±26,26	9,92 ±7,74	157,98 ±25,06	151,33 ±28,33	4,57 ±5,39

Tableau 11 Moyenne du taux de lecture (en mot par minute) avec et sans superposition sur WRRRT pour les groupes de contrôle et dyslexiques qui ont participé aux phases 1 et 2

Cependant ils précisent que cette différence doit être interprétée avec prudence car les enfants dyslexiques étaient plus lents au départ (sans filtre).

Ils ont effectué les corrélations « r de Pearson » entre le taux de lecture sans superposition et le pourcentage d'amélioration du taux de lecture avec la superposition pour les témoins, $r = -0.58$, $p < 0.01$, et pour le groupe dyslexique, $r = -0.52$, $p < 0.05$.

Ces données ont suggéré que, quel que soit le groupe, les individus avec des taux de lecture plus lents sont plus susceptibles de montrer de plus grandes améliorations du taux de lecture avec une superposition que les individus plus rapides. Ils ont également analysé la compréhension de texte, et celle-ci est restée inchangé que ce soit avec ou sans filtre. (45)

Kim, Seo et Ha (46), ont étudié en 2015 la lecture des phrases avant et après l'utilisation de filtres bleus en utilisant l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) chez 15 patients atteints du syndrome de Meares-Irlen.

Patients n°	Age	Sexe	Mot par minute		
			Avant	Après	Après - Avant
1	17	F	119	125	6
2	32	F	100	130	30
3	22	M	115	124	9
4	24	M	105	126	21
5	32	M	102	130	18
6	36	M	125	159	34
7	23	M	107	107	0
8	13	M	96	112	16
9	41	M	124	137	13
10	13	F	103	145	42
11	18	M	132	157	25
12	19	M	73	73	0
13	19	M	141	167	26
14	21	M	105	105	0
15	21	M	114	130	17
Moyenne			110.7±15.9	128±23.1	17.1±12.4

Tableau 12 Profils des patients et vitesses de lecture avec et sans filtre bleus

Ce syndrome est considéré comme un trouble du système magnocellulaire qui induit un stress visuel et une distorsion, mais il n'existe pas encore d'étiologie fixe sur ce trouble.

Les résultats ont montré que 80% des patients qui ont sélectionné un filtre bleu, ont vu leur vitesse de lecture s'améliorer de plus de 20% après l'avoir utilisé.

En effet le Tableau 12 montre que, sur les 15 patients, 3 n'ont eu aucune amélioration de leur vitesse de lecture avec les filtres bleus.

Par ailleurs, l'IRMf a montré des régions d'activation significative dans le cortex temporal moyen gauche et supérieur lors de la lecture de phrases avec filtres par rapport à celle réalisée sans filtres. Il faut savoir que ces régions participent à la compréhension et, plus précisément, à l'intégration sémantique et syntaxique. Ainsi l'utilisation des filtres semble modifier l'activation des structures corticales liées aux processus de lecture. (46)

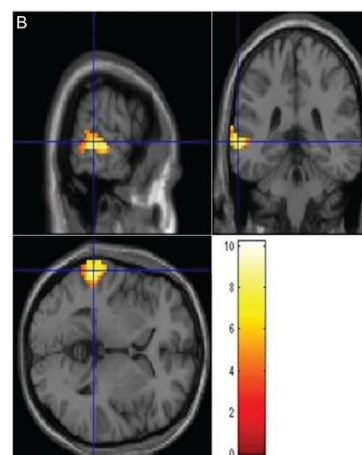


Figure 21 IRMf pendant la lecture avec lentilles de couleurs

Il faut savoir que, en 2002, Wilkins (47) a suggéré que les filtres colorés réduisent l'hyperexcitabilité corticale, provoquant une diminution du contraste du stimulus visuel et, par conséquent, améliore les performances de lecture. Cette suggestion est conforme aux résultats de l'étude de Kim et al, qui a montré une activation significative, du cortex temporal moyen gauche et supérieur, lors de la lecture avec des filtres colorés plutôt qu'avec l'absence de filtres.

Enfin, une étude a été réalisée par Razuk et al. en 2018(48) sur l'effet des filtres colorés sur les capacités de lecture chez les enfants dyslexiques. 18 enfants dyslexiques et 18 enfants (de même âge) non dyslexiques y ont participé. La lecture a été effectuée dans trois conditions de filtrage : pas de filtre, filtre vert et filtre jaune. Les filtres utilisés dans cette étude étaient Irlen®filtres.

Les scientifiques ont choisi les filtres jaunes et verts car ces couleurs sont au milieu des longueurs d'ondes du spectre de couleurs. Les mouvements oculaires ont été enregistrés avec le Mobile EyeBrain Tracker®.

Ils ont analysé le temps nécessaire pour lire le texte en intégralité ainsi que la durée de fixation entre deux saccades successives.

Ce graphique indique le temps de lecture, chez les dyslexiques, a nettement diminué avec le port de filtres verts en comparaison au port des filtres jaunes ($p < 0,02$). Alors que pour les enfants non dyslexiques le temps de lecture est relativement inchangé quel que soit le filtre utilisé.

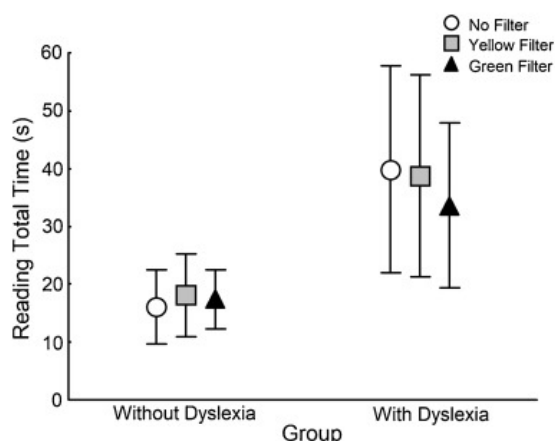


Figure 22 Temps total de Lecture pour les enfants sans et avec dyslexie dans les conditions sans filtre et avec filtre jaune et vert.

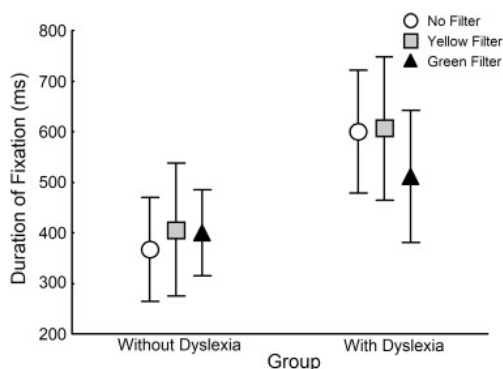


Figure 23 Durée de fixation pour les enfants sans et avec dyslexie dans les conditions sans filtre et avec filtre jaune et vert

Ce graphique montre le temps de fixation entre 2 saccades successives : chez les enfants dyslexiques, celui-ci est beaucoup plus court avec un filtre vert qu'avec un filtre jaune ($p < 0,001$). Alors que chez les enfants non dyslexiques, aucun changement de durée de fixation n'a été constaté, que ce soit avec filtres verts, jaunes ou sans filtres.

Les résultats de cette étude ont montré que le temps de lecture des enfants dyslexiques était significativement amélioré avec le filtre vert, alors qu'aucun résultat de ce type n'a été observé pour le filtre jaune. Malgré cette amélioration, les scientifiques ont remarqué que le temps de lecture chez les personnes dyslexiques restait toujours plus long que chez les autres enfants.

Sur la base de ces résultats, ils ont émis l'hypothèse que les effets des troubles magnocellulaires, qui entraînent un stress et une distorsion visuelle dont il en résulte des difficultés de lecture, sont réduits par l'utilisation de filtres colorés ; ceux-ci améliorant le traitement visuel et les performances de lecture.

Un des problèmes majeurs des études sur l'utilisation de filtres colorés lors de la lecture, est le manque de standardisation des procédures utilisées pour étudier les performances de lecture avec et sans filtres. Elles doivent être strictement contrôlées par des méthodes, telles que le maintien de la même organisation environnementale et/ou configuration expérimentale ; prévenir tout bruit et/ou distraction ; et surtout présenter différents textes de difficulté similaire dans chaque condition pour éviter les effets d'apprentissage.

Enfin, il est important d'enregistrer les mouvements oculaires pendant la lecture avec des filtres, afin d'obtenir des données objectives sur les mouvements oculaires et de révéler tout mécanisme potentiel sous-jacent aux améliorations de lecture.

Malgré cela, les résultats suggèrent que les filtres colorés peuvent être utilisés comme un outil supplémentaire à l'école et à la maison, afin d'améliorer les performances scolaires des enfants atteints de dyslexie.(48)

Conclusion

De nos jours, il existe un large panel de filtres. Celui-ci va des filtres non teintés, à ceux aidant à la réadaptation, en passant par les filtres solaires.

Au sein de notre pratique, il est intéressant d'avoir des connaissances à leur sujet afin de conseiller et orienter nos patients vers un type de filtre susceptible de convenir à leur pathologie et/ou à leur condition de vie.

Les filtres anti-lumière bleue sont proposés à titre préventif. En effet, au sujet de la lumière bleue, rien n'a encore été démontré à l'échelle de l'Homme.

Les filtres anti-reflets vont permettre de diminuer l'éblouissement et la fatigue visuelle ainsi que d'augmenter la sensibilité au contraste. Ce qui favorise une meilleure sécurité en fonction des activités réalisées.

Pour les filtres solaires, ceci est entré dans les mœurs depuis un certain temps maintenant. En effet le soleil provoque un vieillissement oculaire pouvant aboutir à des problèmes rétinien. La protection par lunettes de soleil est donc indispensable pour chacun d'entre nous, et encore plus pour les enfants de moins de 8 ans. Les filtres polarisants ont une spécificité par rapport aux lunettes de soleil. Ceux-ci permettent de diminuer voire soustraire l'éblouissement direct et indirect, permettant une augmentation de la sensibilité au contraste.

Pour les filtres aidant à la réadaptation, je me suis concentrée sur certains déficits pour lesquels les filtres peuvent être bénéfiques. Ils peuvent améliorer la sensibilité au contraste et à l'éblouissement, mais aussi apporter un plus grand confort visuel, ainsi que dans certains cas, une augmentation de l'acuité visuelle.

Pour les personnes dyslexiques, ceci est encore en étude, mais il serait probable que les filtres colorés permettent une augmentation de la vitesse de lecture ainsi qu'une probable diminution du temps de fixation.

Il est important de retenir, que les filtres n'ont pas de teinte fixe et qu'ils possèdent une large gamme de dégradés.

Il est nécessaire d'avoir une collaboration étroite entre les trois O (Ophtalmologiste, Orthoptiste et Opticien) pour conseiller, orienter et accompagner au mieux les patients dans le choix des filtres. Ainsi, ils pourront trouver des conseils auprès de chaque professionnel et des solutions personnalisées.

Ci-dessous, vous trouverez une carte mémoire résumant les différents filtres présentés dans ce mémoire. Celle-ci permettra de repérer plus simplement les différents filtres pouvant être conseiller aux patients.

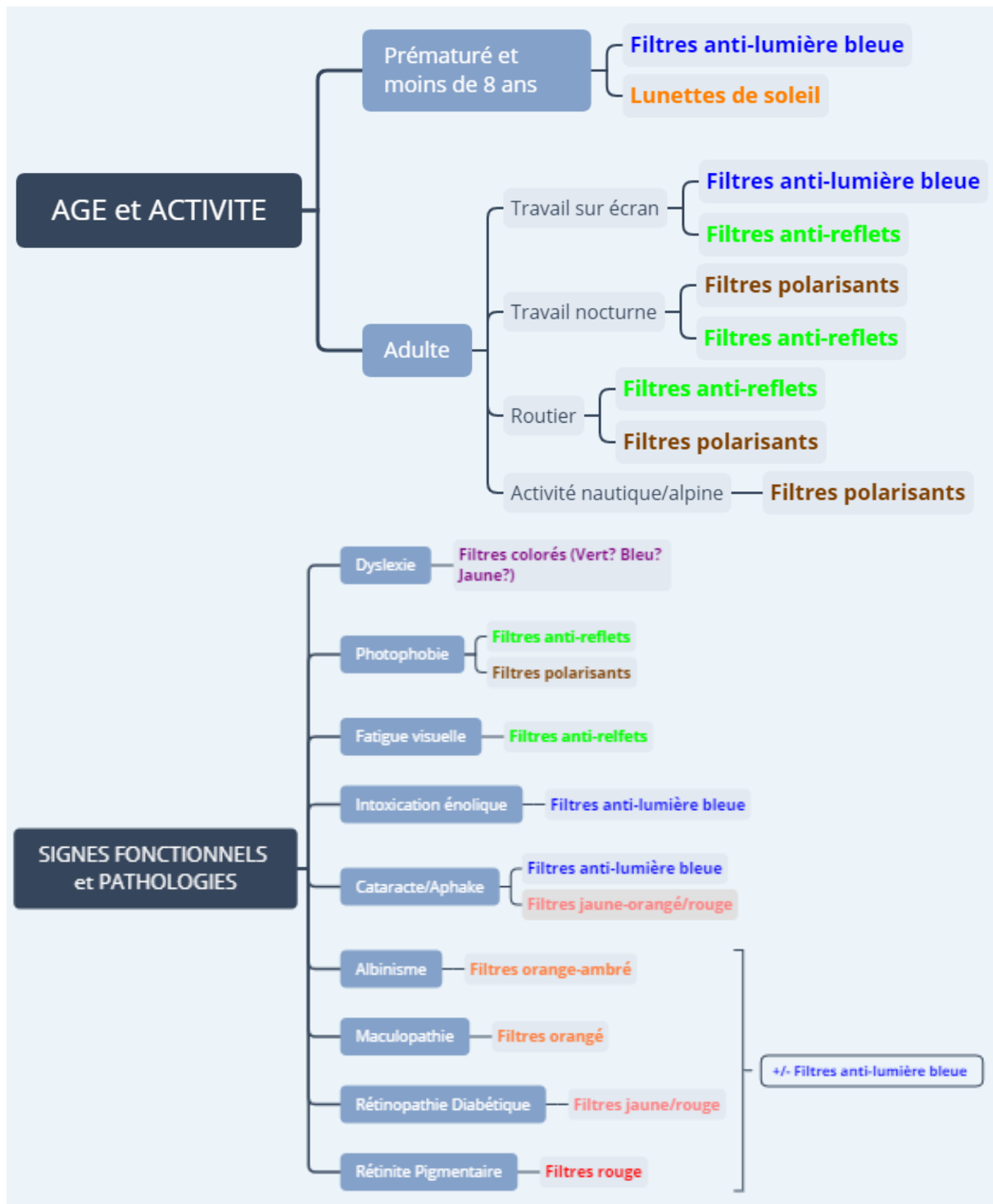


Figure 24 Carte mémoire regroupant les filtres en fonction de l'âge, de l'activité, des signes fonctionnels et des pathologies

Bibliographie

1. ANSES. Effets sanitaires liés aux LED. 2010 oct p. 146-7. Report No.: 2008-SA-0408.
2. ZEISS VISION CARE FRANCE. Les caractéristiques techniques d'un verre ophtalmique : mémo technique. In: Le Précis d'optique ZEISS : de la réfraction pratique aux verres ophtalmiques [Internet]. Pôle santé visuelle. 2017. p. 40-3. Disponible sur: <https://fr.calameo.com/read/0019374647055e78e4b2d?authid=CtnWZqMTyOY7>
3. Zeiss. Lumière bleue : Avantages et Inconvénients Quelle est la bonne quantité de lumière bleue dont nous avons besoin ? Quand et comment nous protéger de ces effets néfastes ? [Internet]. 2017. Disponible sur: <https://www.zeiss.fr/vision-care/mieux-voir/comprendre-la-vision/lumiere-bleue-avantages-et-inconvenients.html>
4. CORALIE BARRAU. Qu'est ce que la lumière bleue ? 2018.
5. CORALIE BARRAU. D'où vient la lumière bleue? 2018.
6. Coralie barrau. La lumière bleue est-elle de couleur bleue ? 2018.
7. Frédéric Micheau. Baromètre de la santé visuelle. 2019.
8. Ueda T, Nakanishi-Ueda T, Yasuhara H, Koide R, Dawson WW. Eye damage control by reduced blue illumination. *Experimental Eye Research*. 1 déc 2009;89(6):863-8.
9. CORALIE BARRAU, AMÉLIE KUDLA, MÉLANIE TESSIERES. OUVRIR LA VOIE VERS LA PHOTOPROTECTION. LES VERRES EYE PROTECT SYSTEM™ : DE LA RECHERCHE AU FILTRAGE DE LA LUMIÈRE NOCIVE. mai 2016;8-11.
10. Catala-Le M. Lumière bleue, faut-il voir rouge ? *Revue Francophone d'Orthoptie*. 2019;(614):1-7.
11. CORALIE BARRAU, AMÉLIE KUDLA, MÉLANIE TESSIERES. Protection optimale Essilor : le verre Eye Protect System™ avec traitement Crizal® Previncia®. LES VERRES EYE PROTECT SYSTEM™ : DE LA RECHERCHE AU FILTRAGE DE LA LUMIÈRE NOCIVE. mai 2016;15.
12. Dominique Meslin. Traitement antireflet. In: Les cahiers d'optiques oculaires : Métriaux et Traitements [Internet]. ESSILOR ACADEMY EUROPE. 2010. p. 28-31. Disponible sur: https://www.essiloracademy.fr/sites/default/files/2018-07/Materials-and-Treatments-French_0.pdf
13. L'Optique de A à Z [Internet]. [cité 26 nov 2019]. Disponible sur: https://dicoptic.fr/antireflet_212.htm
14. Stuart G Coupland, Trévor H Kirkham. Improved contrast sensitivity with antireflective coated lenses in the presence of glare. *Can J Ophthalmol*. 1 juill 1981;16(3):136-40.
15. Kirkham TH, Coupland SG. Increased visual field area with antireflective coated lenses in the presence of glare. *Can J Ophthalmol*. juill 1981;16(3):141-4.
16. Catherine Eastell. The effectiveness of AR-Multireflection coatings on night driving. Cardiff College of Optometry, University of Wales; 1991.

17. Daniel Duplex. Soins pédiatrie - puériculture. L'équipement optique du jeune enfant. juill 2011;(261):26-9.
18. OMS | Le rayonnement ultraviolet [Internet]. WHO. [cité 17 nov 2019]. Disponible sur: <http://www.who.int/uv/fr/>
19. OMS | Effets du rayonnement UV sur la santé [Internet]. WHO. [cité 17 nov 2019]. Disponible sur: <http://www.who.int/uv/health/fr/>
20. Les uv, un ennemi invisible [Internet]. Essilor. [cité 17 nov 2019]. Disponible sur: </Comprendre-la-vue/tout-savoir-verres-et-montures/soleil-danger-uv-et-protection-des-yeux/les-uv-ennemi-invisible>
21. ZEISS VISION CARE FRANCE. Protection solaire : oeil et UV. In: Le Précis d'Optique ZEISS : De la réfraction pratique aux verres ophtalmiques [Internet]. Pôle santé visuelle. 2017. p. 108-9. Disponible sur: <https://fr.calameo.com/read/0019374647055e78e4b2d?authid=CtnWZqMTyOY7>
22. M. LUC MACHARD. AVIS RELATIF AUX LUNETTES DE SOLEIL POUR ENFANTS [Internet]. economie.gouv; 2009. Disponible sur: https://www.economie.gouv.fr/files/directions_services/dgccrf/boccrf/2009/09_06/avis_1unettes_enfants.pdf
23. Dominique Meslin. Verres filtrants à teinte fixe : Verres polarisants. In: Les cahiers d'optiques oculaires : Métriaux et Traitements [Internet]. ESSILOR ACADEMY EUROPE. 2010. p. 51-2. Disponible sur: https://www.essiloracademy.fr/sites/default/files/2018-07/Materials-and-Treatments-French_0.pdf
24. Verres polarisants ZEISS [Internet]. [cité 4 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.zeiss.fr/vision-care/pour-les-opticien/produits/verres-de-protection-solaire/verres-polarisants.html>
25. Malvoyance et handicaps visuels [Internet]. SNOF. 2011 [cité 4 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.snof.org/public/conseiller/malvoyance-et-handicaps-visuels>
26. Marie-Sylvie Sander, Marie-Christine Bournot, Françoise Lelièvre, Dr Anne Tallec. La population en situation de handicap visuel en France Importance, caractéristiques, incapacités fonctionnelles et difficultés sociales. effectué par l'Observatoire régional de la santé des Pays de la Loire. juill 2005;66-7.
27. Brouard V. Basse vision, handicap et qualité de vie. Soins Aides - Soignantes. 2010; (7):18-19
28. Romain Praud. Basse vision. Fondements mathématiques du grossissement optique. Bases colorimétriques des filtres thérapeutiques. Le meuble basse vision Lissac. Revue francophone d'orthoptie. 2017;(10):39-46.
29. Geneviève Prévost. Les verres filtrants : les filtres chromatiques. In: Les cahiers d'optiques oculaires : Basse Vision pratique [Internet]. ESSILOR ACADEMY EUROPE. 2013. p. 24-6. Disponible sur: <https://www.essiloracademy.fr/sites/default/files/2018-07/Practical-Low-Vision-French.pdf>
30. Brune Delhoste. Filtres chromatiques et déficience visuelle. Revue Francophone d'Orthoptie. 2015;(8) : 144-51.

31. Rosenblum YZ, Zak PP, Ostrovsky MA, Smolyaninova IL, Bora EV, Dyadina UV, et al. Spectral filters in low-vision correction. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 1 juin 2000;20(4):335-41.
32. Leat SJ, North RV, Bryson H. Do long wavelength pass filters improve low vision performance? *Ophthalmic Physiol Opt*. juill 1990;10(3):219-24.
33. Abrahamsson M, Sjöstrand J. Impairment of contrast sensitivity function (CSF) as a measure of disability glare. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1 juill 1986;27(7):1131-6.
34. van den Berg TJ. Importance of pathological intraocular light scatter for visual disability. *Doc Ophthalmol*. 15 janv 1986;61(3-4):327-33.
35. Eperjesi F, Fowler CW, Evans BJW. Do tinted lenses or filters improve visual performance in low vision? A review of the literature. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2002;22(1):68-77.
36. M.-C. Geeraert. Verres teintés - Filtres thérapeutiques. *ARIBA*. 2005;(15):9.
37. Hoeft WW, Hughes MK. A comparative study of low-vision patients: Their ocular disease and preference for one specific series of light transmission filters. *Am J Optom Physiol Opt*. oct 1981;58(10):841-5.
38. Morrissette DL, Mehr EB, Keswick CW, Lee PN. Users' and nonusers' evaluations of the CPF 550 lenses. *Am J Optom Physiol Opt*. nov 1984;61(11):704-10.
39. Lynch, Brilliant, D., M. An evaluation of the Corning CPF550 lens. *Optom Monthly*. 1984;(75):36-42.
40. Carracedo G, Carballo J, Loma E, Felipe G, Cacho I. Contrast sensitivity evaluation with filter contact lenses in patients with retinitis pigmentosa: a pilot study. *Journal of Optometry*. 1 oct 2011;4(4):134-9.
41. ZEISS VISION CARE FRANCE. Des verres filtrants spéciaux. In: *Le Précis d'optique ZEISS : de la réfraction pratique aux verres ophtalmiques* [Internet]. Pôle santé visuelle. 2017. p. 106-7. Disponible sur: <https://fr.calameo.com/read/0019374647055e78e4b2d?authid=CtnWZqMTyOY7>
42. Sadeghpour N, Alishiri AA, Ajudani R, Khosravi MH, Amiri MA, Sadeghpour O. Quantity and Quality of Vision Using Tinted Filters in Patients with Low Vision Due to Diabetic Retinopathy. *J Ophthalmic Vis Res*. 2015;10(4):429-32.
43. Nguyen T, Hoeft W. A study of blue blocker filters and related pathologies. *Journal of Vision Rehabilitation*. 8^e éd. 1994;15-21.
44. Ray NJ, Fowler S, Stein JF. Yellow Filters Can Improve Magnocellular Function: Motion Sensitivity, Convergence, Accommodation, and Reading. *Annals of the New York Academy of Sciences*. avr 2005;1039(1):283-93.
45. Henderson LM, Tsogka N, Snowling MJ. Questioning the benefits that coloured overlays can have for reading in students with and without dyslexia. *Journal of Research in Special Educational Needs*. 2013;13(1):57-65.
46. Kim JH, Seo H-J, Ha S-G, Kim S-H. Functional Magnetic Resonance Imaging Findings in Meares-Irlen Syndrome: A Pilot Study. *Korean J Ophthalmol*. avr 2015;29(2):121-5.

47. Wilkins A. Coloured overlays and their effects on reading speed: a review. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2002;22(5):448-54.
48. Razuk M, Perrin-Fievez F, Gerard CL, Peyre H, Barela JA, Bucci MP. Effect of colored filters on reading capabilities in dyslexic children. *Research in Developmental Disabilities*. 1 déc 2018;83:1-7.

Table des illustrations

Figure 1 Absorption de la lumière par la cornée.....	1
Figure 2 Absorption et transmission de la lumière par la rétine.....	1
Figure 3 Spectre de la lumière et répercussion.....	3
Figure 4 Tache de diffusion du rouge, du bleu et du vert.....	4
Figure 5 Spectre de la lumière émise par une zone blanche d'un écran d'ordinateur ou par la lumière naturelle du soleil, avec et sans un verre de lunettes anti-lumière bleue.....	6
Figure 6 Sensibilité du contraste en fonction de l'éblouissement et des filtres anti-reflets.....	8
Figure 7 Filtration des UV par les différentes parties de l'œil.....	9
Figure 8 La valeur de la diminution de la sensibilité à l'éblouissement par des filtres de couleurs.....	16
Figure 9 Indication et fonction des filtres jaune-orangés et rouges par ARIBA.....	17
Figure 10 La valeur de la diminution de la sensibilité à l'éblouissement par des filtres de couleurs... ..	18
Figure 11 La valeur de la diminution de la sensibilité à l'éblouissement par des filtres de couleurs... ..	19
Figure 12 Verre filtrant CPF 550. Les pourcentages représentent le taux de transmission.....	20
Figure 13 Lentille souple MaxSight.....	20
Figure 14 Verre filtrant CPF 527.....	20
Figure 15 Sensibilité aux contrastes sans éblouissement.....	20
Figure 16 Sensibilité aux contrastes avec éblouissement central.....	21
Figure 17 Sensibilité aux contrastes avec éblouissement périphérique.....	21
Figure 18 Filtres Rétinite Pigmentaire et courbes de transmission.....	22
Figure 19 Filtres Rétinopathie diabétique et courbes de transmission.....	24
Figure 20 Changement de la capacité de lecture après un filtre jaune ou un traitement placebo.....	24
Figure 21 IRMf pendant la lecture avec lentilles de couleurs.....	26
Figure 22 Temps total de Lecture pour les enfants sans et avec dyslexie dans les conditions sans filtre et avec filtre jaune et vert.....	27
Figure 23 Durée de fixation pour les enfants sans et avec dyslexie dans les conditions sans filtre et avec filtre jaune et vert.....	27
Figure 24 Carte mémoire regroupant les filtres en fonction de l'âge, de l'activité, des signes fonctionnels et des pathologies.....	30
Tableau 1 Caractéristiques des verres organiques (a) et minéraux (b).....	2
Tableau 2 Lumière réfléchiée en fonction de l'indice du verre.....	6
Tableau 3 Les 3 classes d'anti-reflets.....	7
Tableau 4 Classification des teintes en fonction du pourcentage d'absorption.....	10
Tableau 5 Augmentation des fonctions visuelles grâce au filtre jaune chez les sujets atteints de cataractes partielles précoces et chez les enfants aphakes.....	16
Tableau 6 Augmentation des fonctions visuelles grâce au filtre orangé chez les sujets atteints de dystrophie maculaire congénitale.....	18
Tableau 7 Augmentation des fonctions visuelles grâce au filtre orangé chez les sujets atteints.....	19
Tableau 8 Réponses aux tests subjectifs.....	21
Tableau 9 Moyenne de l'acuité visuelle (\pm écart type) avec différents filtres.....	23
Tableau 10 Écart moyen et standard pour la sensibilité au contraste à l'aide de différents filtres.....	23
Tableau 11 Moyenne du taux de lecture (en mot par minute) avec et sans superposition sur WRRT pour les groupes de contrôle et dyslexiques qui ont participé aux phases 1 et 2.....	25
Tableau 12 Profils des patients et vitesses de lecture avec et sans filtre bleus.....	26

Annexes

Annexe 1. Sensibilité au contraste de fréquence avec et sans filtres dans les cataractes partielles précoces.

	Fréquences spatiales (c.deg-1)	Nombre de yeux	Pourcentage d'amélioration (M±σ)
<i>Basses fréquence</i>	0,37	24	58,04±3,65
<i>Fréquence intermédiaire</i>	8,5	24	10,02±0,12
<i>Fréquences considérées plus élevées</i>	16	24	47,29±0,24

Annexe 2. Sensibilité au contraste de fréquence chez les enfants aphakes avec et sans filtres.

	Fréquences spatiales (c.deg-1)	Nombre de yeux	Pourcentage d'amélioration (M±σ)
<i>Basses fréquence</i>	0,37	22	3,02±0,55
<i>Fréquence intermédiaire</i>	1,24	12	4,64±0,77
	2,4	10	5,43±0,81
<i>Fréquences considérées plus élevées</i>	3,4	3	46,24±3,45
	5	3	32,14±2,23
	6,5	3	92,85±2,39
	8,5	2	80,72±0,00
	10	3	57,33±2,85
	14,5	3	46,25±2,21

Annexe 3. Sensibilité au contraste de fréquence avec et sans filtres dans les dystrophies maculaires.

	Fréquences spatiales (c.deg-1)	Nombre de yeux	Pourcentage d'amélioration (M±σ)
<i>Basses fréquence</i>	0,37	54	10,53±0,94
<i>Fréquence intermédiaire</i>	0,62	4	19,14±3,14
	1,24	50	11,02±1,00
<i>Fréquences considérées plus élevées</i>	1,7	8	43,18±2,73
	2,4	17	42,11±1,61
	3,4	17	38,12±1,44
	5	8	33,33±1,10

Annexe 4. Sensibilité au contraste de fréquence avec et sans filtres dans l'albinisme

	Fréquences spatiales (c.deg-1)	Nombre de yeux	Pourcentage d'amélioration (M±σ)
<i>Basses fréquence</i>	0,37	84	3,04±0,46
<i>Fréquence intermédiaire</i>	1,24	38	7,98±0,71
	2,24	46	5,43±0,81
<i>Fréquences considérées plus élevées</i>	1,7	10	34,19±1,42
	3,4	11	28,42±2,96
	5	16	48,97±1,47
	6,5	14	95,46±3,49
	8,5	20	77,95±1,25
	10	8	50,01±3,33
	12	5	13,33±2,55