

Bien plus qu'une vision de 20/20

Sensibilité aux contrastes, éblouissement et qualité de la vision

Susan Stenson, M.D.
Denis Fisk

Historique

La qualité des soins de la vue offerts par les opticiens repose principalement sur la définition de ce qu'est une bonne vision ou une vision normale. Jusqu'à présent, le moyen traditionnel mis à la disposition des spécialistes pour évaluer la qualité de la vision a été la représentation de l'acuité visuelle du patient sur l'échelle de Snellen. Une acuité visuelle de 20/20 constitue le chiffre magique d'une vision dite normale. Cependant, la vie de tous les jours ne se mesure pas simplement avec un canal de réfraction. Les besoins réels de chaque personne dépassent largement les paramètres d'un analyseur Phoropter. La vision « parfaite », soit un résultat de 20/20 tel que mesuré par un opticien, le devient moins dans le quotidien. Il n'est pas rare que chez une même personne, la bonne vision se détériore dans des conditions environnementales et de travail précises.

S'il existe un domaine dans lequel le test d'acuité visuelle de Snellen s'est avéré insuffisant comme seul facteur déterminant la performance visuelle d'une personne, il s'agit sans aucun doute de l'évaluation des cataractes. Les cataractes constituent la cause la plus répandue de cécité et de déficience visuelle dans le monde. Aux États-Unis, l'intervention chirurgicale visant à guérir la cataracte constitue l'opération de routine la plus fréquente. Environ 2,5 millions d'opérations de ce type y ont lieu chaque année. Les progrès accomplis en matière de techniques chirurgicales ainsi que le degré de réhabilitation de la vision des patients ayant opté pour un traitement chirurgical ont considérablement augmenté le nombre de personnes atteintes de cataractes légères à modérées pouvant se porter candidates à l'opération. Il n'est donc pas surprenant que l'accroissement de la demande, qui entraîne le risque d'un recours excessif à l'opération,

ait alerté certains milieux médicaux, des groupes de vigilance du consommateur, ainsi que le gouvernement fédéral des États-Unis qui, en vertu du régime d'assurance-maladie américain (Medicare), doit assumer le coût de l'intervention chirurgicale. Bien que le test d'acuité visuelle de Snellen constitue toujours le critère traditionnel selon lequel un cas de cataracte nécessite une intervention chirurgicale (une acuité visuelle de correction égale ou inférieure à 20/50 étant le point limite pour recommander une intervention chirurgicale), plusieurs praticiens ont dû faire face à des cas mettant en cause des patients dont l'acuité était supérieure à 20/50 mais qui souffraient de déficiences visuelles importantes liées aux cataractes. On estime que ces patients auraient largement bénéficié d'une intervention chirurgicale réussie. Toutefois, de nombreuses questions d'ordre pratique et éthique se posent : qui décide de la nécessité d'opérer un cas de cataracte ? Est-ce le chirurgien spécialiste, le patient ou peut-être une instance gouvernementale ? Quand l'opération de la cataracte est-elle vraiment indispensable ? Une acuité visuelle de 20/50 sur l'échelle de Snellen constitue-t-elle un point limite raisonnable pour définir la déficience visuelle ? Et si tel est le cas, comment explique-t-on le fait que des patients dont l'acuité visuelle est de 20/50 ou moins soient parfaitement satisfaits de leur vision, alors que d'autres à vision bien supérieure se plaignent de problèmes de la vue ? Existe-t-il des moyens plus fiables, autres que l'échelle de Snellen, pour mesurer l'acuité fonctionnelle et détecter la déficience visuelle chez certaines personnes ?

Quoique des modalités non traditionnelles, outre le test de Snellen, pour évaluer la fonction visuelle existent depuis quelque temps, leur usage a été réservé au champ de la recherche. Des praticiens soucieux des

problèmes de leurs patients se sont mis à adapter ces modalités en vue de les rendre opérationnelles dans le cadre de la pratique clinique. Pour évaluer le besoin d'intervenir par voie chirurgicale afin de corriger la cataracte, des tests de sensibilité aux contrastes et d'éblouissement sont venus compléter le test de Snellen. La qualité de la vision (telle que définie par le test de sensibilité aux contrastes et d'éblouissement) est devenue un critère aussi important que celui de la quantité de la vision (mesurée par le test d'acuité visuelle de Snellen) ; toutes deux doivent désormais être prises en considération lors de la décision d'excision d'une cataracte chez une personne donnée.

Bien sûr, cela n'a pas fait l'unanimité, parce que certains considéraient que les critères peu conventionnels d'évaluation de la fonction visuelle étaient abusivement employés par les défenseurs ardens de la solution chirurgicale pour justifier des opérations même dans des cas où le test d'acuité visuelle de Snellen était considéré comme suffisant. On cite même des cas où des patients avec une acuité de 20/20 se sont fait opérer.

La situation a fini par devenir une affaire de santé publique, si bien que l'American Academy of Ophthalmology a convoqué, en 1989, un groupe d'experts en médecine et en recherche. L'objectif de cette rencontre était de fournir des réponses à la question cruciale suivante : comment tester de façon fiable une vision dite satisfaisante et comment définir la déficience visuelle. Le résultat de cette rencontre s'est résumé en un rapport intitulé Ophthalmic Procedures Assessment (Évaluation des procédures ophtalmiques), qui a étudié le rôle et la valeur de tests autres que le test standard de Snellen, et plus particulièrement les tests d'éblouissement et de sensibilité aux contrastes, dans l'évaluation de la fonction visuelle dans des cas des maladies du segment antérieur du globe oculaire, et plus précisément dans les cas de cataractes. Le rapport a conclu que « ... bien qu'il soit trop tôt pour mettre sur place des directives concernant des tests d'acuité visuelle supplémentaires dans le cas de l'évaluation globale de la déficience visuelle due à la cataracte jeune, des tests mesurant la sensibilité aux contrastes ou l'acuité visuelle à faible contraste, avant et après l'introduction d'une source d'éblouissement, semblent être suffisamment précis et sensibles. » Le rapport suggère d'ailleurs que « ... des tests d'éblouissement pourraient fournir des indices supplémentaires contribuant à évaluer de façon objective l'impact de la maladie du segment antérieur du globe sur la déficience visuelle. »

L'intérêt accru de la recherche clinique envers l'utilisation des tests de sensibilité aux contrastes et d'éblouissement afin d'évaluer la qualité de la vision a conduit à l'utilisation de plus en plus fréquente de ces mêmes tests dans le but de détecter d'autres maladies

oculaires ou systémiques, et d'établir le lien entre certains troubles de santé et la fonction visuelle. Cet intérêt a également contribué à sensibiliser davantage les opticiens sur le fait que, en ce qui concerne la vision, quantité ne rime toujours pas avec qualité. Cela explique enfin pourquoi certains patients dont l'acuité visuelle est constamment de l'ordre de 20/20 ne sont pas satisfaits de la qualité de leur vision.

Il est important que les opticiens se rendent compte que tester et corriger la vision sont désormais des opérations qui vont bien au-delà de la carte de Snellen. Des écarts entre la quantité et la qualité de la vision peuvent suggérer la présence éventuelle d'une maladie oculaire. Même dans le cas d'un œil normal, la qualité de la vision et l'expérience visuelle peuvent être diminuées par des facteurs extra oculaires, notamment des conditions environnementales impliquant l'exposition à la lumière et sa modulation. Ces facteurs sont susceptibles d'être maîtrisés par l'utilisation appropriée de certains traitements des verres, de sorte à offrir au patient la meilleure qualité et quantité de vision possibles, quelles que soient les circonstances. Dans le cas des patients amétropes, le moyen le plus sophistiqué dont dispose l'opticien pour garantir une vision de 20/20 consiste à méticuleusement administrer un test de réfraction des yeux, à condition que la santé oculaire du patient le permette. L'utilisation appropriée de traitements des verres permet à l'opticien d'aller au-delà d'une vision de 20/20 en offrant à son patient un maximum de qualité et de quantité de vision corrigée.

Le test d'acuité de Snellen

Qu'est-ce que le test d'acuité de Snellen ?

En matière de mesure de la vision humaine, la carte de Snellen est une sorte d'emblème dans les milieux ophtalmologiques. Quant au ratio 20/20, il n'est pas seulement synonyme de vision parfaite ; il est devenu un terme qui fait désormais partie intégrante de notre

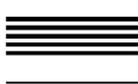
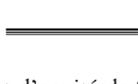
	Lettre de Snellen		Échelle équivalente (bâtonnets)	
20/200		10 min		3 cpd
20/160		8 min		3.75 cpd
20/80		6 min		7.5 cpd
20/40		4 min		15 cpd
20/20		3 min		30 cpd

Tableau 1. Comparaison du test d'acuité de Snellen avec le contraste d'acuité

vocabulaire. Mais qu'est-ce que l'acuité de Snellen ? Que 20/20 signifie-t-il vraiment ?

L'acuité de Snellen concerne la résolution spatiale et, plus précisément, la capacité de résolution spatiale de la rétine centrale. Mesurer l'acuité visuelle signifie, indirectement, évaluer la capacité de résolution spatiale de la rétine centrale. Plus la résolution spatiale est haute, plus la vision est bonne. La logique derrière l'acuité des lettres est directement liée à la capacité de résolution spatiale mesurée à l'aide d'une grille. Cette grille comprend des bâtonnets noirs et blancs qui s'alternent. Un cycle de grille consiste en un bâtonnet blanc et un bâtonnet noir ; lorsque chaque bâtonnet dispose d'une largeur de 30 minutes de minarc, la grille est d'une fréquence spatiale d'un cycle par degré (cpd). La carte de Snellen présente des optotypes dont la taille diminue progressivement, alors que le cycle par degré augmente par corrélation. Plus l'optotype est petit (ou plus la grille correspondante est étroite ou plus le cycle par degré est élevé), plus l'acuité visuelle est bonne. Un œil à vision de 20/20 peut reconnaître l'équivalent de 30 cpd. Dans le cas d'un œil dont l'acuité est de 20/200, la résolution est moins importante, soit de 3 cpd. (Tableau 1.).

En d'autres termes, une personne disposant d'une acuité de 20/20 est en mesure de distinguer, à partir d'une distance de 20 pieds, les lettres de la carte de Snellen dont la taille est d'environ 1/3 de pouce. Lorsque la vision est inférieure à 20/20, le dénominateur de la fraction correspond à la distance à partir de laquelle un œil normal pourrait identifier les lettres de la carte. Supposons que l'acuité visuelle d'une personne soit de 20/200 : cela signifie que l'observateur doit être à 20 pieds de la carte pour en identifier les lettres, alors qu'une personne dont l'acuité visuelle est de 20/20 peut les reconnaître à partir de 200 pieds.

20/20 : le problème lié à la vision de Snellen

Un des problèmes relevant de l'acuité standardisée de la carte de Snellen est justement la standardisation de ce test. Dans le monde réel, les conditions de vision ne sont pas standardisées. Par contre, elles varient largement. En raison de ces variations, une vision normale de 20/20 mesurée dans des conditions de luminosité intense et en l'absence d'éblouissement équivaut à une vision fonctionnelle inférieure à 20/20 une fois que la luminosité est réduite ou qu'un facteur d'éblouissement est introduit. Pour simplifier, la carte de Snellen est en noir et blanc, alors que le monde réel comprend plusieurs variations de gris. Ce sont ces nuances qui doivent être prises en considération lorsqu'il s'agit d'aborder la question de la qualité de la vision.

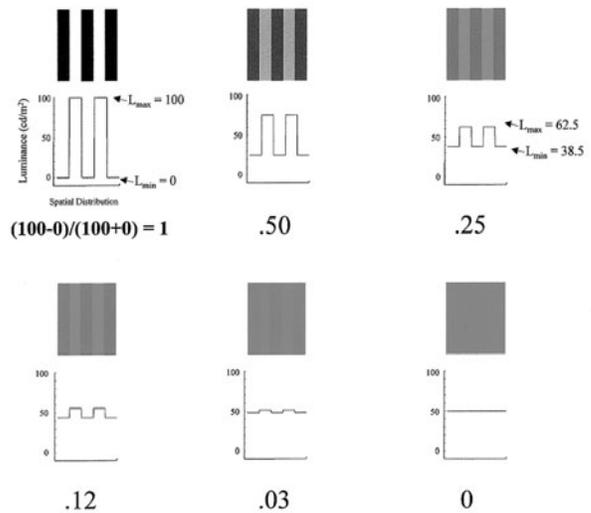


Tableau 2. Formule de Michelson

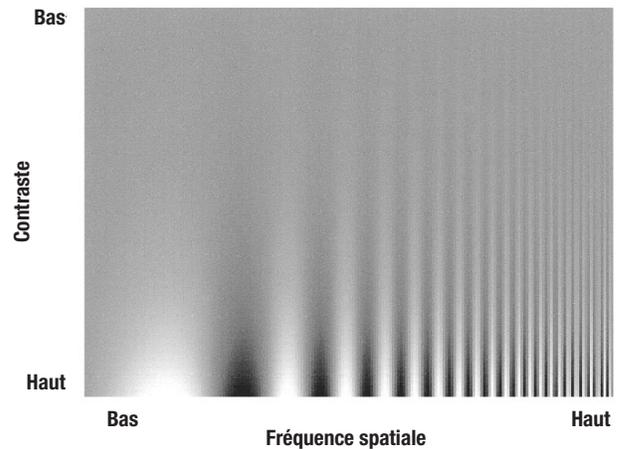


Tableau 3. Contraste et fréquence spatiale

La sensibilité aux contrastes

Qu'est-ce que la sensibilité aux contrastes ?

Si le test d'acuité de Snellen mesure la capacité de l'œil de voir en noir et blanc, l'acuité de sensibilité aux contrastes mesure la capacité de l'œil de distinguer parmi diverses variations de gris. Le contraste mesure la distribution relative des parties plus et moins foncées d'un stimulus visuel. Il est défini à partir d'une formule spéciale (dite formule de Michelson) qui met en relation l'ampleur de la différence de l'intensité lumineuse entre les parties sombres et les parties claires et la luminance totale d'un objet, soit $(L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min})$, où L_{max} et L_{min} désignent respectivement les valeurs maximales et minimales de luminance. (Tableau 2.) Lorsque le contraste diminue,

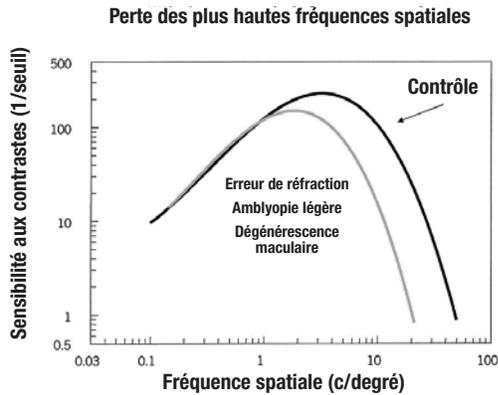


Tableau 4. Perte de la haute fréquence spatiale et maladie oculaire

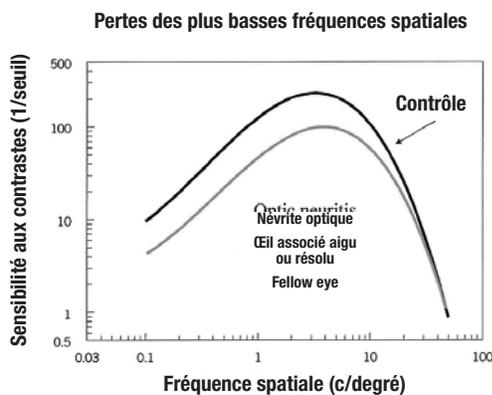


Tableau 5. Perte de la basse fréquence spatiale et maladie oculaire

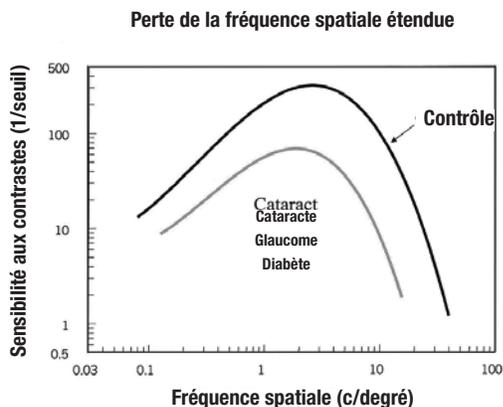


Tableau 6. Perte de la fréquence spatiale étendue et maladie oculaire

la différence en matière de luminosité de la grille diminue également jusqu'à ce qu'elle devienne trop infime pour être perçue par l'œil. Ce niveau représente le seuil de contraste. Normalement, les seuils de contraste existent en relation avec la fréquence spatiale par la fonction de sensibilité aux contrastes. (Tableau 3.)

Comment mesure-t-on la fonction de sensibilité aux contrastes ?

En contexte clinique, la fonction de sensibilité aux contrastes peut être mesurée à l'aide de tableaux spéciaux (par exemple, les tableaux d'acuité de faible contraste de Pelli-Robson et de Regan).

Dans le cas du tableau de Pelli-Robson, les optotypes des lettres se présentent à une fréquence spatiale de base de 0,5 cpd. Le tableau consiste en deux groupes, chacun comprenant trois lettres par ligne. Le contraste entre chaque groupe de lettres va en diminuant, à savoir de 90 % en haut du tableau à 0,5 % en bas de celui-ci. Les sujets sont appelés à lire les lettres en allant de haut en bas. La lecture est interrompue si les patients identifient incorrectement deux des trois lettres.

Le test d'acuité de faible contraste de Regan consiste, pour sa part, en deux tableaux d'optotypes de lettres. Le contraste entre ces lettres oscille entre 96 % et 11 %. Toutes les lettres d'un même tableau ont le même contraste, mais leur taille diminue progressivement allant de haut en bas. On demande aux patients de lire le tableau, de haut en bas. Seule la plus petite lettre identifiable de chaque tableau est retenue. À l'aide d'un nomogramme qui accompagne les tableaux, on trace une ligne entre ces deux types de mesure d'acuité. Si la courbe de la ligne est plus importante que la normale, cela indique un déficit de contraste.

Pourquoi la sensibilité aux contrastes est-elle importante ?

Du point de vue de la vision, le monde réel est un milieu complexe. Les objets varient sur plusieurs

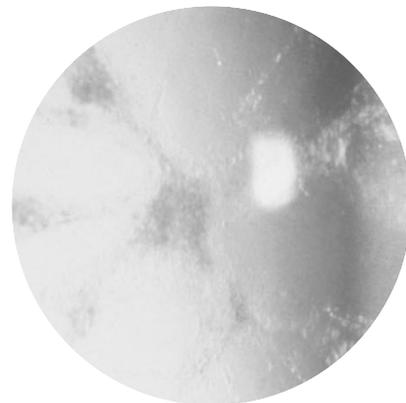


Tableau 7. Cataracte modérée

plans, y compris la dimension, la luminosité et le contraste. Le test standard de Snellen ne fournit que des renseignements relevant de la haute résolution de contraste, c'est-à-dire l'objet le plus petit et à plus haut contraste que l'œil puisse percevoir. Les tests de sen-

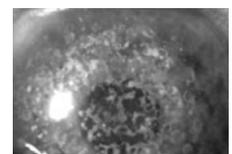


Tableau 8. Cornée à surface irrégulière et opacification dans le cas de dystrophie cornéenne granuleuse

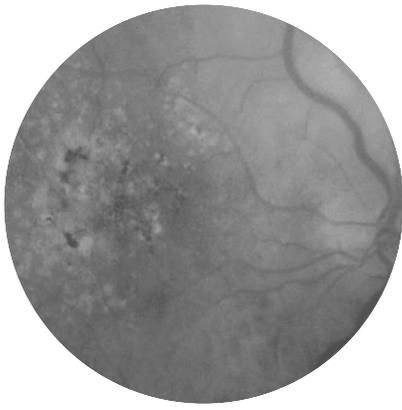


Tableau 9. Dégénérescence maculaire

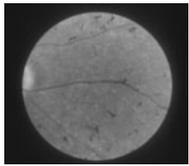


Tableau 10.
Rétinite pigmentaire (diapositive offerte par le Dr Irwin Siegel)

sibilité aux contrastes aident à fournir des renseignements supplémentaires sur le monde visuel. Ces renseignements incluent des données portant sur la visibilité des objets de différents contrastes et de dimension et d'orientation variées.

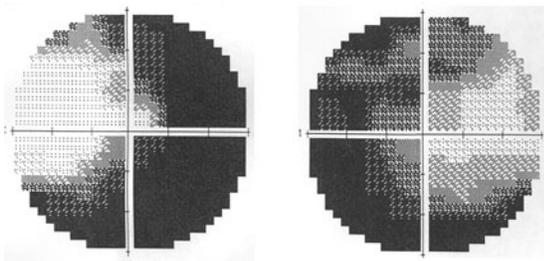


Tableau 11. Perte étendue du champ visuel chez un cas chronique de glaucome à angle ouvert avancé

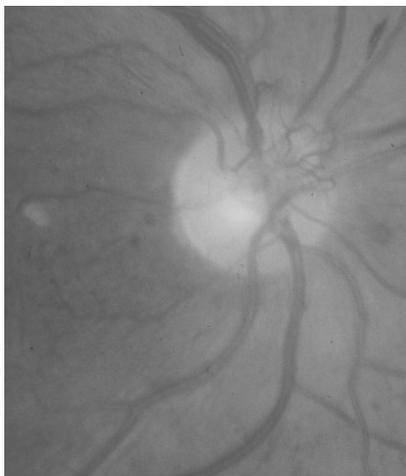


Tableau 12. Rétinopathie diabétique (diapositive offerte par la Dre Carol Lee)

Sensibilité aux contrastes et maladies oculaires

Le facteur sans doute le plus important qui détermine la sensibilité aux contrastes est la santé de l'œil. Par conséquent, des anomalies de sensibilité aux contrastes peuvent suggérer la présence de maladie oculaire. De

telles anomalies doivent attirer l'attention du clinicien et suggérer le besoin de procéder à des examens de contrôle supplémentaires.

Les pertes de sensibilité aux contrastes se manifestent à des fréquences spatiales hautes, basses et étendues. Plusieurs maladies oculaires ou systémiques peuvent altérer les fonctions de sensibilité aux contrastes, de plusieurs façons et indépendamment de la fréquence. (Tableaux 4.- et 6.). Chez des patients dont l'acuité visuelle de Snellen est normale mais qui se plaignent constamment de problèmes de vision, il est important de procéder à une évaluation de la sensibilité aux contrastes afin d'exclure la présence d'une maladie oculaire ou systémique pouvant contribuer à la détérioration de la qualité de la vision.

Nous avons déjà souligné l'importance que joue le test de sensibilité aux contrastes dans le cas de l'évaluation de la déficience visuelle chez des personnes atteintes de cataractes. On ne saurait suffisamment insister sur l'utilité des tests mesurant la sensibilité aux contrastes et l'éblouissement et le rôle qu'ils jouent dans l'évaluation de la nécessité d'une intervention chirurgicale chez des personnes souffrant de cataractes anatomiques légères ou modérées. Dans la plupart des types de cataractes, on observe une perte de la fréquence spatiale étendue.

Les pertes de sensibilité aux fréquences spatiales étendues peuvent être dues à des anomalies des yeux ou à d'autres types d'anomalies extra oculaires. (Tableau 4.) Parmi les conditions pouvant influencer sur la qualité de la vision de l'œil et susceptibles de produire des pertes au niveau de la haute fréquence spatiale, on compte les erreurs de réfraction, les cataractes corticales ou nucléaires légères, les anomalies de la cornée (œdème, irrégularités ou opacités). (Tableaux 7.-et 8.) Parmi les anomalies non optiques susceptibles de conduire à des pertes de la haute fréquence spatiale, on compte l'amblyopie légère, la dégénérescence maculaire, le glaucome chronique à angle ouvert accompagné d'une perte modérée du champ visuel, ainsi que la rétinite pigmentaire (RP) à ses premiers stades. (Tableaux 9.-et 10.)

La perte sélective de la basse fréquence (Tableau 5.) se produit habituellement à la suite de maladie du nerf optique, notamment dans les cas de névrite optique.

La perte de la fréquence spatiale étendue (Tableau 6.) est typiquement associée à une amblyopie modérée ou sévère, à divers types de cataractes, ainsi qu'au glaucome chronique avancé à angle ouvert accompagné d'anomalies du champ de vision. (Tableau 11.)

Quant au diabète associé à une rétinopathie diabétique, il est souvent impliqué dans la perte de la fréquence spatiale étendue. (Tableau 12.) Actuellement, aux États-Unis, le diabète sucré est en voie de devenir une véritable épidémie. En effet, 17

millions d'Américains en sont atteints et on estime qu'environ 5,9 millions d'autres en sont atteints sans le savoir. Entre le diabète sucré et le début du diabète de type 2, une fois reconnu cliniquement, il existe un laps de temps d'environ 5 ans. En raison de la forte corrélation entre le diabète et certaines maladies oculaires, notamment la rétinopathie diabétique, les opticiens doivent être particulièrement vigilants et prêts à faire le lien entre les troubles de vision et un cas de diabète non diagnostiqué. Dans ce cas, il faudrait administrer aux patients une batterie de tests appropriés. Cela est d'autant plus important qu'il existe de 12 000 à 14 000 nouveaux cas de rétinopathie diabétique par année menant à la cécité. Si ces cas sont détectés à temps, ils peuvent être traités et la cécité peut alors être évitée.

Dans plusieurs de cas cités plus haut, l'acuité visuelle mesurée par le test de Snellen peut être erronée. Il existe des indices qui suggèrent au clinicien que la santé oculaire du patient est compromise. Cependant, il arrive parfois que de sérieuses maladies oculaires ne soient pas détectées par le test d'acuité de Snellen. Ce n'est que lorsqu'on constate que la sensibilité aux contrastes est compromise qu'une évaluation clinique plus poussée révèle la présence d'anomalies aussi sérieuses que la névrite optique, la rétinopathie pigmentaire (RP) et le glaucome.

Sensibilité aux contrastes et yeux normaux

Le monde réel n'est pas noir et blanc. Ce sont les différentes variations de gris que nous voyons au quotidien qui rendent la sensibilité aux contrastes extrêmement importante. C'est avec celle-ci qu'il est possible d'évaluer ce que voit vraiment une personne à vision dite normale. Si les verres modernes d'ordonnance offrent au porteur le noir et le blanc, les divers traitements spéciaux qui y sont ajoutés, comme la couche photochromique ou le traitement antireflet, lui fournissent tout le spectre du gris. Bien que le test de sensibilité aux contrastes semble surtout être un instrument de laboratoire, il faut désormais admettre que mesurer la sensibilité aux contrastes dans le contexte clinique est un moyen d'aller au-delà d'une simple quantification de la vision. Il s'agit d'un moyen de recueillir d'importants renseignements sur la qualité de la vision.

Dans le cadre des recherches menées récemment dans ce domaine, les spécialistes ont mis à l'épreuve plusieurs verres teints en étudiant l'effet de ceux-ci, à des niveaux de transmission différents, sur l'acuité de sensibilité aux contrastes chez des individus normaux et chez des personnes atteintes de cataracte sénile débutante. Cette recherche a été largement influencée par le fait que même si des verres teints remplissent une fonction capitale en réduisant l'exposition à la

lumière excessive et en garantissant de ce fait un confort visuel accru via la diminution de l'éclairage chaque fois que cela s'avère nécessaire, la réduction de l'éclairage peut influencer de façon négative sur la sensibilité aux contrastes. Cette étude avait un double objectif, à savoir démontrer si : 1) la sensibilité aux contrastes est modifiée par les verres teints ; 2) il existe des différences dans la manière dont diverses teintes modifient la sensibilité aux contrastes.

Les résultats de cette recherche ont montré que tous les verres teints (gris, brun, jaune, vert, mauve et bleu), mis à l'épreuve dans des conditions d'éblouissement, augmentent les seuils de contraste. On a observé des différences distinctes entre l'augmentation des différentes teintes, mais il faut toutefois noter que ces différences variaient entre l'œil normal et l'œil cataracté. Quant à ce dernier, il a été constaté que les couleurs brune et jaune modifiaient moins le seuil de contraste. Pour ce qui est de l'œil normal, on a remarqué une préférence pour le mauve et le gris. Ces différences sont fort probablement liées à des changements au niveau des caractéristiques de la clarté et de la transmission de l'œil normal par opposition à l'œil cataracté.

L'éblouissement

Qu'est-ce que l'éblouissement ?

L'éblouissement est une perte de la performance visuelle ou de la visibilité, ou encore le gêne et le malaise éprouvés en raison d'une luminance dans le champ visuel supérieure au niveau d'éclairage auquel les yeux sont adaptés. La luminance est définie par le nombre de lumens, soit l'unité de mesure de la quantité de lumière incidente sur une surface donnée. Plus la luminance est importante, plus la surface d'un objet est brillante. La lumière optimale oscille entre 1 000 et 1 400 lumens. Voici, à titre d'exemple, quelques cas d'éclairage environnemental :

Lumière intérieure artificielle	400 lumens
Journée ensoleillée, côté ombragé de la rue	1000-1400 lumens
Journée ensoleillée, côté ensoleillé de la rue	3500 lumens
Autoroute de béton	6000-8000 lumens
Plage ou pente de ski alpin	10000-12000 lumens

L'éblouissement peut provenir directement d'une source lumineuse, comme le soleil, ou il peut être provoqué par réflexion de la lumière. Il existe deux quatre types d'éblouissement : l'éblouissement de distraction, l'éblouissement inconfortable, et l'éblouissement neutralisant et l'éblouissement aveuglant.

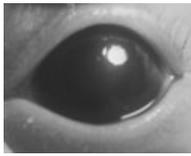


Tableau 13.
Œdème aigu de la
cornée dans le cas
d'un glaucome
congénital

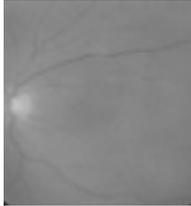


Tableau 14. Œdème
maculaire cystoïde
pseudophaque (diaposi-
tive offerte par la Dre
Carol Lee)

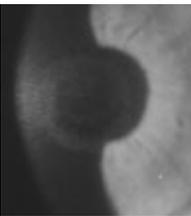


Tableau 15. Cornée
voilée après LASIK
(diapositive offerte
par le Dr Wilson Ko)

L'éblouissement de distraction

L'éblouissement de distraction se produit lorsque la lumière est reflétée sur une surface ou un médium optique. Quel que soit le mouvement de la lumière incidente d'un médium optique à un autre (par exemple, de l'air à un verre), une partie de la lumière incidente ne peut qu'être reflétée. Cela produit de la réflexion à partir de la surface du cristallin ou bien la présence des halos qui se forment autour des lumières brillantes dans des conditions scotopiques (durant la nuit). L'éblouissement de distraction produit une sensation de gêne qui finit par fatiguer l'œil.

L'éblouissement incommode

L'éblouissement incommode peut être dû à un éblouissement direct ou réfracté. Le flux lumineux d'un éblouissement incommode varie entre 3 000 et 10 000 lumens. Une fois que la quantité de lumière émise atteint 10 000 lumens, l'éblouissement devient neutralisant. Même un éblouissement incommode modéré peut entraver la fonction oculaire. Il existe plusieurs symptômes de perturbation dont les plus fréquents sont l'asthénopie ou, tout simplement, la fatigue oculaire. La réaction de l'œil nu à l'éblouissement incommode est le strabisme et la constriction de la pupille. Souvent, les observateurs essaient d'éviter la source d'éblouissement en couvrant les yeux ou en regardant dans une autre direction.

L'éblouissement neutralisant

Lorsque le niveau de la lumière atteint ou dépasse 10 000 lumens, il produit un éblouissement susceptible de brouiller ou même d'entraver la vision. Dans ce cas, on parle d'éblouissement neutralisant ou d'éblouissement par réflexion. À cause de cet éblouissement, les objets semblent avoir moins de contraste qu'en l'absence d'éblouissement. L'éblouissement fait son apparition parce que l'œil n'est pas un système optique parfait. Son imperfection est due à l'inhomogénéité du médium optique qui produit la diffusion de la lumière. Cette dispersion réduit l'acuité visuelle, tout en augmentant le seuil différentiel de lumière. L'éblouissement neutralisant est susceptible de créer plus de problèmes chez les personnes âgées, étant donné que la transparence du cristallin diminue avec l'âge. Il en résulte une augmentation de la fréquence de la formation de la cataracte débutante.

L'éblouissement aveuglant

Lorsque la lumière incidente se reflète sur des surfaces lisses et brillantes, telles l'eau et la neige, et qu'elle se polarise rectilignement, cela produit de l'éblouissement dit aveuglant. Ce type d'éblouissement est susceptible d'entraver la vision à tel point que la sécurité du porteur soit compromise.

Quelle est la différence entre l'éblouissement et la sensibilité aux contrastes ?

La différence entre l'éblouissement et la sensibilité aux contrastes semble porter sur la confusion. Cette confusion est principalement due au fait que l'éblouissement est utilisé afin de mesurer la sensibilité aux contrastes. On peut tout simplement définir la sensibilité aux contrastes comme étant la capacité de l'œil de différencier les diverses nuances de gris. L'éblouissement, pour sa part, se définit comme étant la difficulté de distinguer les différentes nuances de gris lorsque la luminance est excessive. Les tests de sensibilité aux contrastes mesurent le niveau de contraste nécessaire pour reconnaître un objet. Les tests de sensibilité à l'éblouissement, quant à eux, mesurent les changements constatés au niveau de la fonction visuelle résultant de la présence d'une source d'éblouissement dans une autre partie du champ visuel.

Comment mesure-t-on l'éblouissement ?

Pour mesurer la sensibilité à l'éblouissement, on peut employer soit des méthodes de détection de contraste, soit des mesures fondées sur l'acuité visuelle. La

majorité des tests couramment employés évaluent les effets de l'éblouissement sur la sensibilité aux contrastes. Pour ce faire, ils mesurent les seuils de contraste avec ou sans éblouissement, étant donné que la luminance de voile réduit le contraste des images. Cette évaluation part du principe que la luminance par réflexion réduit le contraste des cibles d'acuité. Les cibles utilisées dans le cadre des tests d'éblouissement peuvent être des sources ponctuelles ou des sources d'éblouissement étendues. D'habitude, les sujets se sentent plus à l'aise avec cette dernière source.

Comment l'éblouissement affecte-t-il l'œil normal ?

La cornée, le cristallin et le vitré de l'œil normaux diffusent de 10 à 20 % de la lumière incidente. L'éblouissement est produit par diffusion de la lumière et influencé par les rapports changeants de l'adaptation de l'œil aux changements entre l'état de luminosité/ l'état d'obscurité/ l'état de luminosité. Il est également produit par saturation du photorécepteur de la rétine. Dans le cas d'un œil normal, l'augmentation des niveaux d'éblouissement entraîne celle du niveau de base de diffusion de la lumière incidente, tout en influant, de façon négative, sur la sensibilité aux contrastes. Cela produit un sentiment de gêne et de fatigue.

Les personnes à vision normale se plaignent fréquemment de problèmes de vision causés par l'éblouissement lorsqu'elles conduisent pendant la nuit. Des études ont montré qu'il existe une corrélation directe entre la sensibilité à l'éblouissement et la performance au volant dans des conditions de simulation de conduite nocturne chez des individus ayant une bonne santé oculaire.

Comment l'éblouissement affecte-t-il l'œil anormal ?

Étant donné que l'éblouissement dépend de la diffusion de la lumière à travers le médium oculaire, toute anomalie ou inhomogénéité du médium oculaire qui augmente davantage la diffusion intraoculaire de la lumière entraîne un accroissement de la sensibilité à l'éblouissement. Il est généralement reconnu que les tests d'éblouissement sont plus appropriés pour identifier des anomalies du segment antérieur que les tests de sensibilité aux contrastes. On vient par exemple de démontrer que l'œdème de la cornée n'influe que marginalement sur la sensibilité aux contrastes. Il peut toutefois produire une augmentation triple de la sensibilité à l'éblouissement.

Parmi les maladies oculaires ayant une incidence directe sur la sensibilité à l'éblouissement, on distingue les anomalies de la cornée, telles l'œdème de la cornée et l'opacification ; la cataracte et l'état post cataracte ; la synérèse du vitré et l'œdème maculaire. (Tableaux 13.- et 14.) Un domaine qui attire actuellement l'attention des spécialistes en matière de sensibilité aux contrastes

est celui de l'état postopératoire des patients ayant subi une chirurgie réfractive. Que ce soit à l'aide des techniques traditionnelles (kératotomie radiaire ou photokératoplastie/photokératectomie réfractive ou PKR) ou à l'aide de nouvelles techniques laser (LASIK et LASEK), plusieurs questions relevant de la qualité de la vision peuvent être soulevées même si, du point de vue quantitatif, la vision d'une personne semble être parfaite (20/20). (Tableau 15.). Parmi ces problèmes, on note les troubles de vision durant la nuit, la distorsion, les images parasites, la diplopie monoculaire et l'éblouissement. Plusieurs de ces problèmes peuvent être causés par la cornée voilée ainsi que par des anomalies de la surface postopératoire. Il en résulte un accroissement de la diffusion de la lumière incidente produisant un sentiment de malaise en raison de l'apparition de l'éblouissement inconfortable ou même neutralisant.

Photophobie

La photophobie est un symptôme et non une maladie. Comme son nom l'indique, photophobie signifie « peur de la lumière ». Photophobie et éblouissement sont deux choses différentes, quoique les personnes qui souffrent de photophobie ont tendance à être plus incommodées par les effets de l'éblouissement que celles qui n'en souffrent pas. Dans le cas de l'éblouissement, le problème est causé par la quantité de la lumière ou par la façon dont celle-ci se présente. Quant à la photophobie, ce n'est pas nécessairement la quantité de lumière ou la manière dont elle se présente qui pose un problème ; c'est la lumière en tant que telle qui est à la source du problème.

La photophobie, aussi appelée « sensibilité à la lumière », constitue un des problèmes les plus communs auxquels les opticiens doivent faire face. Il faut en distinguer deux catégories : la photophobie pathologique (elle présuppose une maladie oculaire diagnostiquée justifiant la sensibilité à la lumière) et la photophobie non pathologique (défaut d'anomalie oculaire manifeste susceptible d'expliquer la présence du symptôme).

La photophobie pathologique

Plusieurs maladies oculaires sont susceptibles de provoquer une photophobie pathologique. Ce type de photo-

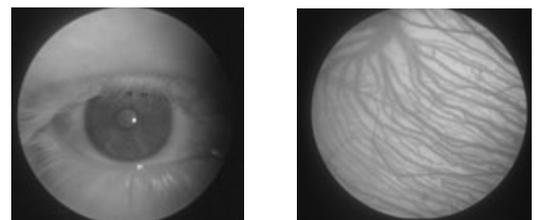


Tableau 16 a et b. Albinisme oculaire : (a) transillumination de l'iris ; (b) fond d'œil albinique (diapositive offerte par le Dr Irwin Siegel)

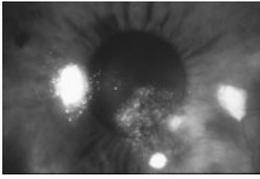


Tableau 17. Dépôt du cristallin de la cornée dans le cas de kératite rosacée

phobie peut être vraiment neutralisant, parfois même invalidant, est ajoutée au déficit visuel de base causé par la maladie oculaire sous-jacente.

L'albinisme constitue sans doute l'état oculaire le plus fréquemment associé à la photophobie. (Tableaux 16. a. et

b.) Des cheveux, des cils et des sourcils blonds ou presque blancs, le teint pâle, les iris bleus ou verts (quasi-transparents), l'hypopigmentation, le nystagmus et la mauvaise vision sont autant d'indices menant au diagnostic de cette maladie génétique.

Certaines anomalies rares du métabolisme où il y a accumulation des dépôts du cristallin au niveau de la cornée peuvent également être la cause d'une photophobie pathologique. La cystinose en est un exemple typique. En raison d'une maladie inflammatoire chronique, il est possible qu'un dépôt lipidique ou du cristallin secondaire se produise. (Tableau 17.). Des anomalies transitoires ou des lésions de la surface de la cornée peuvent provisoirement provoquer une photophobie due à un état pathologique. La manifestation clinique la plus fréquente de tels cas est l'abrasion cornéenne due à des traumatismes. Les personnes souffrant de kérato-conjonctivite sèche aiguë, accompagnée de lésions épithéliales de la cornée, se plaignent fréquemment de photophobie . (Tableau 18. a. et b.).

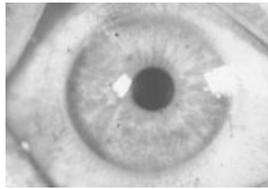


Tableau 18. Kérato-conjonctivite sèche : tâche de Rose Bengal

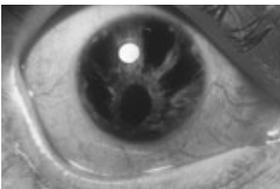


Tableau 19. Anomalies multiples de l'iris dans le cas de dysgénésie mésodermique

Étant donné que l'iris sert à contrôler la quantité de lumière qui pénètre l'œil, toute anomalie au niveau de sa structure ou de son intégrité est susceptible de produire une photophobie pathologique. La photophobie peut en outre être la conséquence directe (le cas de l'aniridie congénitale ou de la dysgénésie mésodermique [- Tableau 19].) ou indirecte de lésions de l'iris résultant d'une chirurgie, de traumatismes ou d'inflammation. La dilation pharmacologique de la pupille peut également conduire à une photophobie temporaire.

Étant donné que l'iris sert à contrôler la quantité de lumière qui pénètre l'œil, toute anomalie au niveau de sa structure ou de son intégrité est susceptible de produire une photophobie pathologique. La photophobie peut en outre être la conséquence directe (le cas de l'aniridie congénitale ou de la dysgénésie mésodermique [- Tableau 19].) ou indirecte de lésions de l'iris résultant d'une chirurgie, de traumatismes ou d'inflammation. La dilation pharmacologique de la pupille peut également conduire à une photophobie temporaire.

La photophobie non pathologique

La plupart des personnes se plaignant de symptômes de photophobie font partie de la catégorie de photophobie dite non pathologique. Il s'agit en fait des mêmes personnes qui se plaignent d'avoir les « yeux sensibles ». Quoique la sensibilité oculaire ait

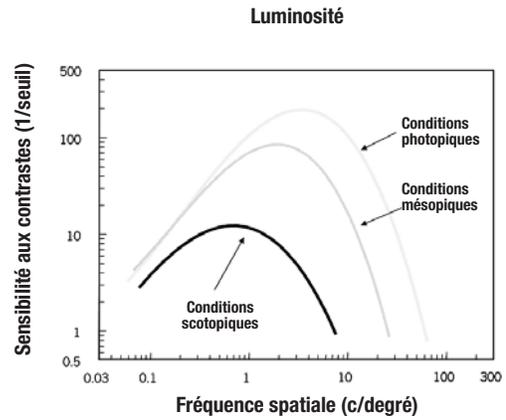


Tableau 20. Sensibilité aux contrastes et conditions de lumière

été associée à la peau blonde et aux yeux clairs, il semble qu'il n'existe pas de fondement racial ou ethnique à cette conjecture, d'autant plus que bon nombre de personnes d'origine afro-américaine et latino-américaine se plaignent de photophobie non pathologique symptomatique. L'acuité visuelle de ces personnes est typiquement normale et il n'existe pas de pathologie oculaire manifeste qui pourrait justifier la sensibilité à la lumière ainsi décrite.

Les solutions optiques

Toutes les questions traitées précédemment reposent sur un substrat commun : le problème de la lumière. Celle-ci est soit excessive, soit insuffisante, soit mauvaise, ou mal présentée. Ces cas partagent également un autre élément : la possibilité d'utiliser des verres traités offerts sur le marché afin de corriger le problème ou d'en atténuer les conséquences.

Il existe une grande variété de verres traités pouvant être utilisés seuls ou en combinaison dans le but de modérer ou de moduler la quantité de lumière qui atteint l'œil. Ces verres aident à réduire considérablement le gêne et le malaise liés à l'éclairement excessif, aux reflets ennuyants, à l'éblouissement et à renforcer,

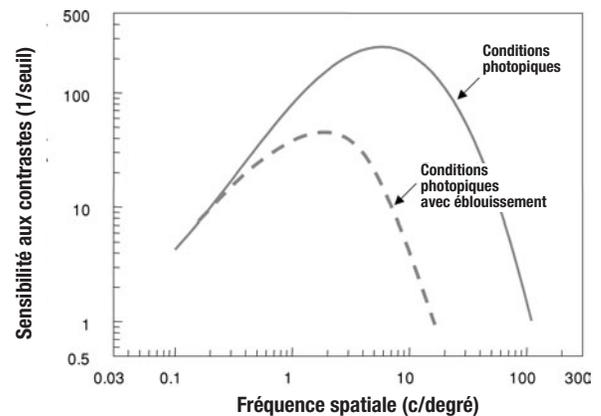


Tableau 21. Les effets d'éblouissement sur la sensibilité aux contrastes

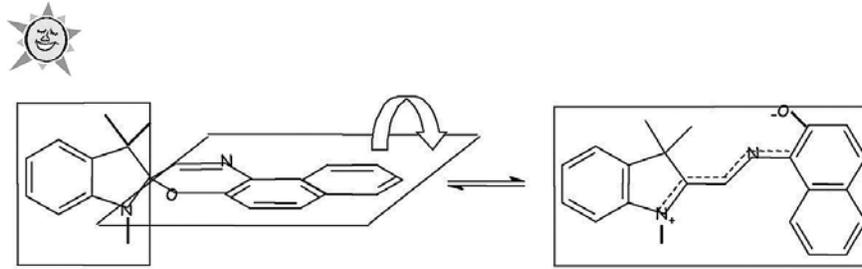


Tableau 22. Réaction chimique photochromique

par extension, aussi bien la performance que le confort visuels. Pour que ces traitements soient efficaces, ils doivent être utilisés de façon sélective et appropriée.

La sensibilité aux contrastes dépend surtout des niveaux de lumière et atteint son pic dans des conditions de photophobie (par exemple, à la lumière du jour). Les seuils de contraste augmentent progressivement lorsque la lumière diminue (conditions mésopiques et scotopiques). (Tableau 20.). Les filtres ou les teintes jouent le rôle de transformateurs artificiels de la lumière en la déplaçant progressivement de l'état photopique vers un état scotopique. La qualité de la lumière transformée est directement proportionnelle de la densité de la teinte. Plus

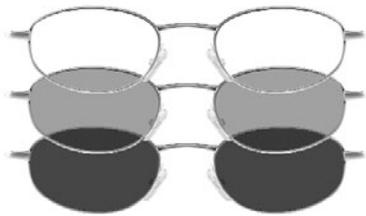


Tableau 23. Verres photochromiques : réaction due aux rayons UV

la teinte est foncée, plus le filtrage de la lumière devient important. Cela se traduit par un déplacement de plus en plus accru vers le côté scotopique du spectre. Il en résulte une augmentation du seuil de sensibilité aux contrastes et, par ricochet, une diminution de la fonction de la sensibilité aux contrastes. Il faudrait donc s'attendre à ce que les teintes influencent négativement la vision. Cependant, au quotidien, les conditions et les situations de vision du monde réel sont bien plus compliquées. Éblouissement et fonction de sensibilité aux contrastes vont de pair. (Tableau 21.). L'éblouissement excessif diminue la fonction de sensibilité aux contrastes. Des verres traités conçus pour diminuer l'éblouissement devraient améliorer la sensibilité aux contrastes. Mais ces types de traitement améliorent-ils la vision ? Ou l'entravent-ils davantage ? La réponse à cette question repose sur la notion d'équilibre, soit l'équilibre entre la quantité de lumière et le niveau d'éblouissement. Dépendamment des conditions particulières d'éclairage, un filtre ou une teinte peut améliorer ou compromettre la vision. C'est pourquoi les verres clairs ou les verres solaires à teinte fixe sont des solutions à la fois incomplètes et inadéquates lorsqu'il s'agit d'atteindre un bon

équilibre entre la vision et la lumière. La solution idéale ne consiste donc pas à avoir une teinte fixe ou constante. Elle repose sur un type de modulation de la lumière sur demande et selon les besoins particuliers. Grâce à cette modulation, on peut diminuer la quantité de lumière incidente, au cas où les niveaux seraient trop élevés et les conditions d'éblouissement importantes. Inversement, il serait possible de permettre à une quantité de lumière suffisante d'atteindre les yeux lorsqu'il n'y a pas suffisamment de lumière et que l'éblouissement ne pose pas problème. Tel est le principal avantage que les verres photochromiques (c'est-à-dire les verres colorés par la lumière) offrent au porteur. Le fonctionnement des verres à teinte variable repose sur le principe des réactions chimiques produites par le rayonnement ultraviolet, de sorte à rendre les verres de plus en plus foncés une fois qu'ils entrent en contact avec la lumière et, inversement, de restituer leur clarté lorsque le stimulus lumineux disparaît. (Tableau 22.). Les verres photochromiques sont pour leur part « colorés par la lumière ». Ces verres constituent une véritable innovation en matière de gestion optimale de la lumière. Cette technologie de plus en plus sophistiquée peut rendre les verres complètement ou quasi-clairs à l'intérieur, c'est-à-dire dans des conditions de faible luminosité ; ces verres deviennent foncés, aussi foncés que les verres solaires standard à teinte fixe, à l'extérieur ou dans des conditions de luminosité intense. Aussi garantissent-ils une gestion optimale de la lumière de sorte que l'œil humain atteigne un rendement maximal dans des conditions d'éclairage variables.

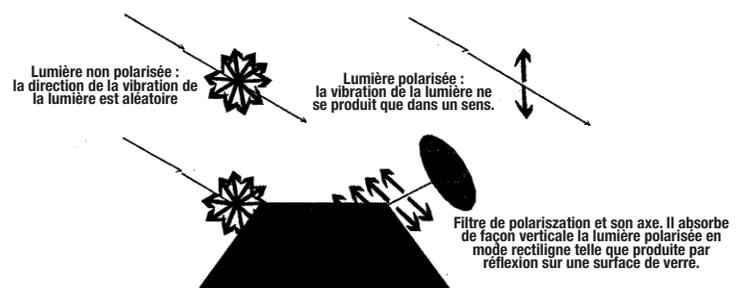


Tableau 24. Verres polarisées

Un autre type de traitement des verres fort utile est le traitement antireflet (AR) qui réduit l'éblouissement de distraction. Les couches antireflet réfléchissent la lumière. La lumière réfléchie par la couche des verres se mêle à la lumière reflétée par la sous-couche ou couche de support du verre en la détruisant. Ces couches ne filtrent pas suffisamment ni ne diminuent les stimuli de lumière non éblouissante. Par conséquent, elles ne déplacent pas les courbes photopiques–scotopiques. Par le biais d'un mécanisme qui minimise les réflexions indésirables tout en maximisant la quantité de la lumière transmise, les verres photochromiques améliorent la qualité de la vision tout en réduisant la sensation de gêne produit dans des conditions de lumière et d'éblouissement légères à modérées.

Il semble que la meilleure solution pour atteindre l'équilibre entre l'éclairage et l'éblouissement consiste en l'utilisation combinée des verres photochromiques et d'un traitement antireflet. Cette combinaison permet de maximiser la fonction de sensibilité aux contrastes, tout en garantissant le confort et la commodité dans des conditions de luminosité variables.

Un autre aspect important lié à la vision et la lumière qu'il faut prendre en considération lorsqu'il s'agit de décider du traitement des verres est celui de la lumière polarisée. La lumière ambiante du soleil n'est pas polarisée. Dans le cas de la lumière non polarisée, ses rayonnements vibrent dans toutes les directions (il s'agit du

phénomène de la vibration aléatoire). Lorsque la lumière est réfléchie à partir d'une surface, elle est polarisée en mode rectiligne, entièrement ou partiellement. Dans ce cas, le plan de polarisation de la lumière réfléchie est perpendiculaire au plan d'incidence de la lumière. Sur des surfaces lisses, comme les verres, le béton ou l'eau, la lumière incidente produit de la lumière polarisée, donc perturbatrice (éblouissement aveuglant). Cet effet peut être éliminé à l'aide des verres polarisés dont le plan de vibration est perpendiculaire à celui de la lumière réfléchie. (Tableau 24.). Les verres polarisés éliminent l'éblouissement réfléchi en améliorant de la sorte la qualité de la vision et en réduisant tout gêne correspondant. Cela est très important, notamment pour les personnes qui travaillent en plein air ou pour celles qui pratiquent des sports nautiques ou le ski.

La relation entre la lumière et la vision demeure complexe. Cependant, la technologie des verres a effectué d'énormes progrès, au point qu'il existe dorénavant des traitements de verre ou des combinaisons de traitements qui ont pour but principal de répondre aux exigences visuelles personnalisées de la plupart des gens, quelles que soient les conditions. Il revient donc à l'opticien d'aider le consommateur des produits de vision à faire le choix le plus approprié. 1. Comparaison du test d'acuité de Snellen avec le contraste d'acuité (voir monographie, Tableau 1., p. 29.)

Les tableaux

1. Comparaison du test d'acuité de Snellen avec le contraste d'acuité (voir monographie, Tableau 1., p. 29.)
- 2.1. Formule de Michelson (voir monographie, Tableau 7., p. 33.)
- 3.1. Contraste et fréquence spatiale (voir monographie, Tableau 8., p. 34.)
- 4.1. Perte de la haute fréquence spatiale et maladie oculaire (voir monographie, Tableau 14., p. 38.)
- 5.1. Perte de la basse fréquence spatiale et maladie oculaire (voir monographie Tableau 16., p. 38.)
- 6.1. Perte de la fréquence spatiale étendue et maladie oculaire (voir monographie, Tableau 15., p. 38.)
- 7.1. Cataracte modérée (voir monographie, Tableau 8., p. 10.)
- 8.1. Cornée cicatrisée et cornée irrégulière associées à la dégénérescence nodulaire de Salzmann
- 9.1. Dégénérescence maculaire (voir monographie, Tableau 9., p. 10.)
- 10.1. Rétinite pigmentaire (diapositive offerte par le Dr Irwin Siegel)
- 11.1. Perte étendue du champ visuel chez un cas chronique de glaucome à angle ouvert avancé

- 12.1. Rétinopathie diabétique (diapositive offerte par la Dre Carol Lee)
- 13.1. Œdème aigu de la cornée dans le cas d'un glaucome congénital
- 14.1. Œdème maculaire cystoïde pseudophaque (diapositive offerte par la Dre Carol Lee)
- 15.1. Cornée voilée après LASIK (diapositive offerte par le Dr Wilson Ko)
- 16.1. Albinisme oculaire : (a) transillumination de l'iris ; (b) fond d'œil albinique (diapositive offerte par le Dr Irwin Siegel)
- 17.1. Dépôt du cristallin de la cornée dans le cas de kératite rosacée.
- 18.1. Kérato-conjonctivite sèche : (a) tâche de Rose Bengal ; (b) état d'œil sec associé au syndrome de Stevens-Johnson.
- 19.1. Anomalies multiples de l'iris dans le cas de dysgénésie mésodermique.
- 20.1. Sensibilité aux contrastes et conditions de lumière (voir monographie, Tableau 11., p. 36.)
- 21.1. Les effets d'éblouissement sur la sensibilité aux contrastes
- 22.1. Réaction chimique photochromique (voir monographie, Tableau 4., p. 48.)
- 23.1. Verres photochromiques : réaction due aux rayons UV
- 24.1. Verres polarisés (voir monographie, Tableau 2., p. 45.) et le plus judicieux quant aux traitements offerts.

Bibliographie:

- 1.** Stenson SM (ed). La lumière, la vue et la photochromie. Pinellas Park, Transitions Optical, 2002.
- 2.** American Academy of Ophthalmology. Contrast sensitivity and glare testing in the evaluation of anterior segment disease. *Ophthalmology* 1989; 97:1233-1237.
- 3.** Ross JE, Bron AJ, Clarke DD. Contrast sensitivity and visual disability in chronic simple glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1964;68:821-827.
- 4.** Atkin A, Bodis-Wollner I, Wolkstein M, et al. Abnormalities of central contrast sensitivity in glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1979;88:205-211.
- 5.** Wolkstein M, Atkin a, Bodis-Wollner. Contrast sensitivity in retinal disease. *Ophthalmology* 1980;87:1140-1149.
- 6.** Marron JA and Bailey IL. Visual factors and orientation-mobility performance. *Am J Optom Physiol Opt* 1982;59:413-426.
- 7.** Lempert P, Hopcroft M, Lempert Y. Evaluation of posterior subcapsular cataracts with spatial contrast sensitivity. *Ophthalmology* 1987;94(S):14-18.
- 8.** Sjostrand J and Frisen L. Contrast sensitivity in macular disease. *Acta Ophthalmol* 1977;55:507-514.
- 9.** Hyvarinen L, Laurinen P, Rovamo J. Contrast sensitivity in evaluation of visual impairment due to diabetes. *Acta Ophthalmol* 1983;94:94-101.
- 10.** Guyton DL. Preoperative visual acuity evaluation. *Int Ophthalmol Clin* 1987;27:140-148.
- 11.** Vvan den Berg TJ. Importance of pathological intraocular light scatter for visual disability. *Doc Ophthalmol* 1986;61:327-333.
- 12.** Hess RF and Carney LG. Vision through an abnormal cornea. *Ophthalmol Vis Sci* 1979; 18:476-483.
- 13.** Carney LG and Jacobs RJ. Mechanisms of visual loss in corneal edema. *Arch Ophthalmol* 1984;102:1068-1071.
- 14.** Knighton RW, Stomovic AR, Parrish RK. Glare measurements before and after neodymium-YAG laser posterior capsulotomy. *Am J Ophthalmol* 1985;100:708-713.
- 15.** Applegate RA, Trick LR, Meade DL, et al. Radial keratotomy increases the effects of disability glare. *Ann Ophthalmol* 1987;19:293-297.
- 16.** Neumann AC, McCarty GR, Steedle TO, et al. The relationship between cataract type and glare disability as measured by the Miller-Nadler Glare Tester. *J Cataract Refract Surg* 1988;14:40-45.
- 17.** Abrahamson M and Sjostrand J. Impairment of contrast sensitivity function as a measure of disability glare. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1986;27:1131-1136.
- 18.** Wolf E. Glare and age. *Arch Ophthalmol* 1960;64:502-504.
- 19.** Regan D. Low-contrast letter charts and sinewave grating tests in ophthalmological and neurological disorders. *Clin Vision Sci* 1988;2:235-250.
- 20.** Pelli DG, Robson JG, Wilkins AJ. The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. *Clin Vision Sci* 1988;2:187-199.
- 21.** Naidu S, Lee JE, Holopigian K, et al. The effect of variably tinted spectacle lenses on visual performance in cataract subjects. *Eye & Contact Lens* 2003;29(1):17-20.
- 22.** Lee JE, Stein JJ, Prevor MB. Effect of variable tinted spectacle lenses on visual performance in control subjects. *CLAO J* 2002;28(2):80-82.
- 23.** Fry GA and King VM. The pupillary response and discomfort glare. *J Illum Eng Soc* 1975;5:307-324.
- 24.** Seiple WH. The clinical utility of spatial contrast sensitivity testing. In: *Duane's Foundations of Clinical Ophthalmology, Volume 2*. Eds. Tasman W and Jaeger EA. Philadelphia, Lippincott 1991.

Transitions®

Étude commanditée par une subvention de Transitions Optical, Inc. pour projets éducatifs

© 2004 TRANSITIONS OPTICAL, INC.