

Lumière, vision et santé

La lumière, la vision et la santé est un thème particulièrement d'actualité, comme l'atteste une série d'interventions présentées fin 2000 à Dijon par l'AFE Bourgogne, et à Paris lors des Journées nationales de la lumière.

Effets négatifs d'un mauvais éclairage

par Claude de Bailliencourt

page 52

Les bienfaits thérapeutiques de la lumière

par Pierre-Henri Smolik

page 53

Syndrome dépressif saisonnier et lumithérapie

par Béatrice Le Bail

page 54

La lumière qui soigne

par Georges Perdriel

page 54

Déficiences visuelles et lumières

par Roger Génicot

page 56

Lumière et tâches visuelles

par Christian Corbé

page 57

Les deux interventions suivantes ont été présentées fin 2000 à l'occasion d'une conférence organisée à Dijon par l'AFE Bourgogne et son président Didier Brossard ("La qualité de l'éclairage en milieu scolaire et sur le lieu de travail").

Effets négatifs d'un mauvais éclairage

Claude de Bailliencourt, ingénieur à la Caisse Régionale d'Assurance Maladie (CRAM), au service prévention des accidents du travail, souligne l'importance d'un bon éclairage en milieu professionnel sur le poste de travail, en insistant sur les enjeux pour l'entreprise, les éléments à prendre en compte par le maître d'ouvrage, et les mesures de sanction et de prévention.

Le souci du service prévention de la CRAM est de s'assurer que l'opérateur soit bien installé et en sécurité sur son poste de travail. Un travailleur doit être informé de son environnement, par exemple sur l'approvisionnement des pièces ou les indices correcteurs sur lesquels il doit travailler.

Aujourd'hui, 80 % des messages que nous recevons sont visuels. Le renforcement des normes de qualité provoque une multiplication des tâches de contrôle ou de détection des défauts, tâches visuelles précises.

Contrairement au bruit, qui est reconnu comme une cause dans le tableau des maladies, l'éclairage est plutôt considéré comme un facteur de risque potentiel d'accident. Les salariés ne peuvent donc pas se référer à une reconnaissance de maladie professionnelle concernant l'éclairage.

Caractéristiques de l'éclairage et postes de travail concernés

■ **Le rendu des couleurs.** Il s'agit de l'aptitude d'une lampe à rendre l'aspect coloré de l'objet par rapport à une source lumineuse de référence. Cette aptitude est importante pour les contrôles d'image, notamment sur les téléviseurs, pour le contrôle des colorants ou des carrosseries.

■ **L'éblouissement.** L'éblouissement ne doit pas être négligé. Il peut n'être que ponctuel, mais il est toujours suivi d'un temps de récupération. Il peut par exemple provoquer un "trou noir" lorsque, sur la route, on vient de croiser un autre véhicule. Il concerne également les soudeurs qui ne portent pas leur écran protecteur.

■ **L'effet stroboscopique.** Cet effet est provoqué par la lumière intermittente, par exemple dans le cas de pièces ou d'outils en rotation. Il peut avoir des conséquences assez lourdes si le travailleur ne voit pas les pièces qui passent devant lui. Il concerne également les opérations de réglage de moteurs.

■ **L'acuité visuelle.** L'acuité visuelle est la capacité à distinguer des détails fins. Elle diminue d'environ 25 % entre 20 et 60 ans, ce qui peut engendrer des phénomènes d'accommodation, de vitesse d'adaptation ou de rétrécissement du champ visuel. Elle est particulièrement sollicitée chez les personnes travaillant sur des détails très fins, comme les brodeuses ou les horlogers. Elle est importante pour les pilotes, qui doivent avoir une bonne vue, ainsi que pour les personnes amenées à conduire la nuit ou dans la pénombre, comme les conducteurs de métro.

■ **La fatigue visuelle.** Cette fatigue se caractérise par une diminution des performances

visuelles. Elle peut n'être que temporaire. Les symptômes en sont les frottements des yeux, la fermeture des paupières, les problèmes d'accommodation, voire les maux de tête et les vertiges.

L'AFE et l'Ademe ont produit des documents en collaboration mutuelle. Nous travaillons de plus en plus avec des architectes, pour déterminer les niveaux d'éclairement et de rendu des couleurs nécessaires.

Les enjeux

■ **Enjeux pour l'entreprise.** L'entreprise est tenue par une exigence de gains financiers et donc de limitation des coûts. Dans les locaux industriels, on constate actuellement une évolution vers des luminaires équipés de tubes à haut rendement, avec une puissance plus forte, permettant de réaliser des économies. Outre l'achat des luminaires, leur maintenance ne doit pas être négligée. Nous recommandons de choisir des luminaires protégés, plus faciles à nettoyer. Lorsque des poussières se collent sur les flasques des luminaires, cela peut engendrer des surcoûts de maintenance. S'ils ne sont pas étanches, ils risquent de provoquer un incendie ou une explosion.

■ **Enjeux sociaux.** Un mauvais éclairage peut entraîner une fatigue, du stress, de l'absentéisme, voire des accidents du travail dus à des chutes ou des chocs.

■ **Enjeux environnementaux.** Le choix d'un bon éclairage et de luminaires adaptés peut permettre des économies d'énergie ou de mercure à recycler.

■ **La productivité.** La CRAM n'est pas opposée à la productivité, si celle-ci ne se fait pas au détriment des conditions de travail. Or, l'augmenta-

tion de la rapidité de perception doit améliorer la productivité et favoriser la qualité du travail.

Éléments à prendre en compte par les maîtres d'ouvrage

Le Code du travail impose de :

- éviter la fatigue visuelle et apporter la lumière naturelle ;
- respecter les valeurs limites d'éclairement, avec comme référence la norme AFNOR NFC 35103 ;
- protéger les postes de travail de l'éblouissement et des effets thermiques ;
- faciliter l'accès aux locaux aveugles, notamment grâce à des interrupteurs bien placés ;
- prévoir des baies transparentes donnant sur l'extérieur ;
- faciliter l'entretien du matériel d'éclairage ;
- donner au client un document de prescription sur la maintenance de l'installation et contrôler la réalisation par rapport aux spécifications d'origine.

Sanctions

L'inspecteur ou le contrôleur du travail peuvent demander à l'employeur de faire procéder à des relevés photométriques, ce pour quoi la CRAM n'est pas agréée. Ils peuvent demander des contrôles portant sur l'installation, pouvant aller jusqu'à des sanctions de 25 000 F par salarié concerné. Le maître d'ouvrage est soumis aux mêmes contraintes.

La CRAM dispose d'un pouvoir de recommandation et d'injonction. Elle peut majorer la cotisation accidents du travail d'une entreprise, une sanction qui peut s'avérer très coûteuse.

Les services prévention des CRAM peuvent signer des contrats de prévention avec les entreprises, suivant une convention d'objectifs. L'interlocuteur local, technicien conseil de la CRAM, peut aider l'entreprise dans sa démarche volontaire. Un agent de secteur commence par dresser un état des nuisances et demande à l'employeur ce qu'il veut investir. Chacun des partenaires définit ses exigences et ses priorités. En fin de contrat, la CRAM contrôle ce qui a été réalisé et peut faire appel à un laboratoire de mesures. Il s'agit donc d'une garantie de bonne qualité pour les utilisateurs.

Je souhaiterais, pour finir, vous présenter des photographies que l'on pourrait croire vieilles de plusieurs dizaines d'années, mais qu'en réalité j'ai prises cette année dans des entreprises ou des établissements scolaires. Elles sont révélatrices d'un mauvais éclairage en milieu professionnel.

CLAUDE DE BAILLIENCOURT



Exemples de mauvais éclairage.



Les bienfaits thérapeutiques de la lumière

Le professeur Pierre-Henri Smolik, praticien hospitalier en médecine du travail et pathologies professionnelles, président de l'Institut de médecine du travail et d'ergonomie de Bourgogne, nous expose les nombreux bienfaits thérapeutiques apportés par la lumière, ainsi que les luminothérapies découlant de l'effet antidépresseur de la lumière.

Nous sommes confrontés au rayonnement électromagnétique solaire, qui produit chaleur et lumière. Cette exposition lumineuse détermine le comportement de l'individu.

Influence de l'éclairage sur l'individu

Les spécificités et la qualité des ambiances conditionnent la sécurité et la réalisation d'une tâche. Mais celles-ci sont déterminées également en fonction des caractéristiques visuelles des opérateurs, dont il faut tenir compte.

La lumière retentit sur le comportement plus général de l'individu, en particulier sur l'activité intellectuelle et psychologique. Un mauvais éclairage constitue une nuisance source d'inconfort et de fatigue musculaire, qui se manifeste par une diplopie constante.

Les paramètres de l'ambiance lumineuse influent sur le confort de travail et les performances psycho-sensori-motrices. Le confort visuel est lié au type d'éclairage naturel et artificiel. L'excès de lumière est, lui aussi, nuisible. C'est la raison pour laquelle il existe un indice de vitrage. Le rapport entre la surface vitrée et la surface au sol ne doit pas excéder 25 %.

Le niveau d'éclairement s'exprime en lux (1 lux exprime l'éclairement d'une surface de 1 m² recevant un flux lumineux de 1 lumen). Or l'œil perçoit la lumière grâce à la rétine. La rétine périphérique, qui n'est sensible qu'au gris, noir et blanc, peut être stimulée avec des niveaux d'intensité lumineuse de l'ordre de 0,01 lumen par mètre carré, alors que la rétine centrale, qui perçoit les couleurs, doit recevoir au moins 0,01 lumen par mètre carré.

L'application des couleurs dans les bureaux détermine, à partir d'un certain niveau de luminosité, l'humeur et la motivation, en fonction de la position de l'individu par rapport aux parois :

■ Couleurs chaudes et claires (jaune, orange)

D'en haut, elles stimulent l'esprit. D'en bas, elles allègent. De façon latérale, elles réchauffent, rapprochent et activent.

■ Couleurs chaudes et foncées (rouge)

D'en haut, elles donnent une impression de claustrophobie, de noblesse et de lourdeur. D'en bas, elles donnent une impression de sécurité. De façon latérale, elles représentent la force et l'encerclement.

■ Couleurs froides et foncées (pourpre, violet)

D'en haut, elles donnent une impression de menace. D'en bas, elles sont déprimantes. De façon latérale, elles donnent une impression de froid et incitent à la tristesse.

■ Couleurs froides et claires (peintures métallisées, vert, bleu indigo)

D'en haut, elles éclaircissent, rehaussent et détendent. D'en bas, elles incitent à se déplacer vite. De façon latérale, elles donnent une impression de fraîcheur et d'éloignement.

En milieu professionnel, on fait de préférence appel au jaune, en alternance avec le noir, et à l'orangé.

Les rythmes biologiques

Ils peuvent être classés en fonction de la période, c'est-à-dire du moment où ils se reproduisent à l'identique. Le rythme circadien, de 24 heures, est intangible, prépondérant, auto-entretenu et quasi-génétique. Les rythmes peuvent également être classés en fonction de leur fréquence. Les rythmes de haute fréquence sont par exemple le rythme cardiaque. L'alternance veille/sommeil est un rythme de moyenne fréquence. Enfin, les sécrétions hormonales ou digestives sont des rythmes de basse fréquence.

Or, les rythmes biologiques peuvent être déclenchés par des stimuli environnementaux, dont le plus important est la lumière. Les facteurs susceptibles de modifier un rythme biologique sont les synchroniseurs. L'intérêt de cette synchronisation est de maintenir l'horloge interne dans une relation de phase précise avec le milieu. Cela justifie le fait que les travailleurs puissent avoir accès à la lumière du jour.

Le cycle journalier n'est pas connu par le bébé à la naissance. Celui-ci est rythmé par ses sécrétions digestives. Toutes les quatre heures, l'estomac sécrète de l'acide chlorhydrique. La douleur disparaît lorsque l'enfant est nourri. Progressivement, ce sont les parents qui mettent l'enfant en phase avec son environnement, selon le synchroniseur artificiel de la contrainte horaire.

L'inversion de ce système provoque une dérive des synchroniseurs, ce qui peut avoir des répercussions au niveau endocrinologique et cérébral. L'horloge circadienne endogène semble se situer au niveau de l'hypothalamus. Elle agit par la stimulation photique. Le signal atteint la glande pinéale, qui produit la mélatonine, dont la production est inhibée par la lumière. La mélatonine agit notamment sur l'hypophyse, qui règle le fonctionnement neuroendocrinien de l'individu.

La luminothérapie

On peut donc comprendre les conséquences de la privation de lumière et l'intérêt de la lumière pour des bienfaits thérapeutiques.

Ainsi, le désordre affectif saisonnier, cafard hivernal, touche en particulier les personnes ayant un seuil de suppression de mélatonine élevé. Ce syndrome touche particulièrement les femmes au début de l'âge adulte. Ce désordre se manifeste par une dépression hivernale récurrente, avec un ralentissement du rythme vital, une hypersomnie, ou encore une prise de poids. Cet état est spontanément régressif en été. Le facteur déclenchant serait le changement dans la durée de lumière du jour.

On s'est donc penché sur la question de l'effet antidépresseur de la lumière, qui a donné naissance à la luminothérapie, ou photothérapie. Rosenthal a ainsi montré, en 1985, que l'exposition régulière à un éclairage additionnel, le matin et le soir, avait un effet antidépresseur significatif. Cette amélioration était cependant

transitoire. Stewart a, pour sa part, conduit des études proches sur des travailleurs en alternance.

Satori et Poirier ont, quant à eux, demandé à des individus de se placer deux heures par jour, de 6 heures à 8 heures du matin, devant un écran, et de le regarder 1 fois par minute. Ils ont observé des effets désagréables, comme les maux de tête ou la fatigue oculaire. Ils ont également constaté des associations dangereuses avec des médicaments, notamment certains antidépresseurs. **L'hypothèse de ces auteurs consistait à rapprocher ce syndrome de la suppression d'une phase d'un rythme circadien.** C'est ainsi que la luminothérapie a trouvé des applications dans les problèmes d'insomnie, de mal adaptation au travail de nuit, de l'effet du "jet lag" ou de maladie d'Alzheimer.

Enfin, Eastman a montré que la luminothérapie agissait à travers un effet placebo. C'est la raison pour laquelle les services de psychiatrie ont cessé d'utiliser la luminothérapie, constatant que seuls les hystériques étaient touchés.

Au-delà de l'effet placebo, on a pu constater une augmentation du nombre de rémissions complètes du syndrome dépressif saisonnier. Ces études ont donc été reprises en 2000, avec des expositions soit à 10 000 lux pendant 30 minutes par jour, soit à 2 500 une à deux heures par jour, pendant deux à quatre semaines.

Ce traitement est le traitement privilégié du syndrome dépressif saisonnier. Il peut également être proposé dans les cas de névrose boulimique, d'obsession compulsive ou de troubles de l'humeur prémenstruels.

Le laser

Les lésions rétinienne observées lors de certaines de ces expositions étaient la conséquence d'une émission énergétique trop importante. Le laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) peut en effet avoir des effets thermiques bénéfiques, mais aussi des effets indésirables, en particulier pour l'opérateur qui le manipule.

Les effets thermiques bénéfiques sont liés à la transformation de l'énergie photonique en chaleur. La finesse caractéristique du laser permet des interventions chirurgicales ciblées.

Les effets indésirables sont liés à la production d'un champ électrique intense, qui provoque l'apparition de radicaux libres, susceptibles de provoquer un cancer. Le laser provoque également une onde de choc qui peut avoir des effets néfastes sur le cerveau et les globes oculaires.

Les applications thérapeutiques du laser se trouvent :

- en ophtalmologie, par exemple pour la photo-coagulation rétinienne ;
- en chirurgie, comme bistouri ;
- en stomatologie, pour traiter les caries dentaires ;
- en cytologie.

Conclusion

La lumière du jour est donc indispensable au bon équilibre de l'individu. C'est une énergie vitale.

Il est important, lorsque l'on installe un éclairage, de tenir compte des caractéristiques du travail et de l'éclairage extérieur. On peut dresser des constats de nuisance et déterminer des niveaux de luminance. Mais, au-delà des normes, il est primordial de tenir compte des caractéristiques visuelles de l'opérateur.

PIERRE-HENRI SMOLIK

Syndrome dépressif saisonnier et lumithérapie

La dépression saisonnière sévit pendant les mois d'automne et d'hiver et est principalement due à la diminution de la luminosité ambiante.



Dans un exposé présenté lors des Journées nationales de la lumière 2000, à Paris, Béatrice Le Bail, chef de service adjoint Ophtalmologie au Centre principal d'expertise médicale du personnel navigant (CPEMPN) nous en précise les syndromes, les causes et les possibilités de thérapie par la lumière.

Le syndrome clinique

La dépression saisonnière (ou "seasonal affective disorder" pour les Anglo-Saxons) est connue depuis quelques décennies. Elle se manifeste chez les citadins vivant dans les latitudes élevées et concerne principalement les femmes âgées de 25 à 50 ans. Elle débute dans les premières semaines de l'automne et se poursuit jusqu'au printemps. Elle peut récider chaque année aux mêmes périodes.

Elle se caractérise par des difficultés intellectuelles (troubles de la concentration, de l'attention...) et une asthénie nerveuse (irritabilité, tristesse, anxiété, perte de confiance en soi). Elle s'accompagne d'hypersomnie, de boulimie (surtout pour les sucres), de prise de poids et de troubles divers (maux de tête, crampes).

Sa fréquence est nettement plus affirmée dans les villes du nord de notre hémisphère (à New York, 10 % de la population entre 20 et 50 ans serait concernée). Elle se différencie des autres formes de dépression par l'échec des thérapies habituelles et la récurrence annuelle saisonnière.

La pathogénie

Les causes de cette affection sont diversement appréciées. Si l'on estime généralement que la diminution de la luminosité ambiante est le fait essentiel, on s'interroge encore sur les retentissements biologiques de cette privation de la lumière, responsable du syndrome clinique.

On considère que la lumière, parvenant à l'œil (par des voies encore mal précisées) déclenche la sécrétion de la sérotonine suscep-

tible de se dégrader elle-même en mélanotonine, si le stimulus lumineux est faible.

A partir de cette séquence : lumière → sérotonine → mélanotonine, diverses théories ont été proposées pour expliquer le syndrome psychiatrique :

- la luminosité très faible des périodes hivernales dans les villes ne permet pas une sécrétion suffisante et permanente de sérotonine, qui est l'hormone de l'éveil et facilite les transmissions nerveuses,
- de cette même luminosité trop faible, il y aurait baisse du taux de sérotonine, mais aussi sécrétion accrue de mélanotonine, hormone responsable du maintien des rythmes biologiques et plus particulièrement du cycle veille/sommeil.

Dans ces conditions, la qualité et la durée du sommeil seraient altérées créant alors des réactions dépressives.

On conçoit que la lumière intense peut agir en augmentant la sécrétion de sérotonine ou indirectement faciliter le recadrage veille/sommeil.

La lumithérapie

Egalement appelée luxothérapie, elle est pratiquée dans les pays du nord de l'Europe et aux USA. A Paris, trois formations hospitalières l'utilisent.

Le traitement a lieu de préférence le matin, ce qui permet de recadrer le cycle biologique en retard chez les déprimés. Plusieurs séances de 1/2 heure à 1 h 30 ont lieu chaque semaine, et ce pendant 3 mois, suivies d'une reprise, à titre préventif, à l'automne suivant. Dans les

formations hospitalières, un examen ophtalmologique est pratiqué avant et après le traitement.

Plus l'intensité des lampes est importante, moins le temps d'exposition est long. Ces lampes sont équipées de filtres UV et IR et bien sûr s'utilisent sans port de verres filtrants. Les courtes longueurs d'ondes (bleu - vert - jaune) seraient plus efficaces, les radiations rouges étant inactives sur la sérotonine.

Parmi les sources lumineuses susceptibles d'être utilisées, nous avons relevé les caractéristiques de deux d'entre elles :

- la première (lampe "Percival éclairage") est fixe et comprend des tubes à décharge illuminant un écran translucide (80 cm de cote) que regarde fixement le patient dont la tête est à environ 30 cm. Le spectre de l'émission s'étendrait (suivant la notice) de 350 à 750 nanomètres donnant une impression de lumière "blanche et froide" avec un indice de couleur de 98. Sur le plan cornéen, l'éclairement est voisin de 3 000 lux (celui de l'écran étant inférieur à 5 000 lux).
- la seconde ("Phyal light") est transportable avec une source halogène pour un éclairement de 330 à 10 000 lux et une filtration de l'UV < 350 nm.

Résultats

Si l'on en croit la littérature et les médecins prescripteurs, les résultats sont « encourageants » et, après un mois de traitement, le comportement dépressif s'atténue et disparaît. Par la suite, les troubles fonctionnels s'amendent mais reprennent si on arrête trop tôt le traitement. Les patients ne se plaignent que d'un éblouissement temporaire, en fin de séance, mais les fonctions visuelles ne retrouvent leur pleine efficacité qu'après le temps nécessaire de récupération (pas de conduite automobile nocturne avant 15 minutes).

Mais, on peut se demander si les séances fréquentes et prolongées de la luminothérapie pourraient avoir des effets rétinienés néfastes. Sur le plan pathogénique, on a ainsi calculé que 3 200 heures d'exposition à 10 800 lux (0,7 cd/cm²) seraient nécessaires pour atteindre le seuil minimum de lésions des cellules rétinienés, ce qui correspondrait à 73 hivers d'une séance quotidienne de luminothérapie. Cependant, lorsque le traitement est appliqué chez des sujets présentant une pathologie rétinienne (dégénérescence maculaire liée à l'âge notamment), on peut craindre un abaissement du seuil de photo-lésion et en conséquence un dommage surajouté. Quoi qu'il en soit, il est toujours indispensable de pratiquer un examen ophtalmologique pour apprécier l'état de la rétine avant le traitement et par la suite, si une affection rétinienne était alors constatée, l'avis de l'ophtalmologiste pourrait permettre de refuser le traitement ou de le mettre en œuvre sous surveillance ophtalmologique stricte et répétée.

Conclusion

Ce rapport n'est qu'une approche préliminaire. Mais, dès maintenant, il paraît souhaitable de se demander si les sources lumineuses, susceptibles d'être utilisées dans cette thérapie, présentent des caractéristiques d'émission compatibles avec les normes en vigueur, d'autant que « certaines sociétés vendent des lampes en pharmacie », qui pourraient être utilisées en location et à domicile sans qu'il y ait toujours une prescription et un contrôle médical.

BÉATRICE LE BAIL

La lumière qui soigne

Depuis l'antiquité, les effets bénéfiques de la lumière naturelle ont permis de traiter par l'héliothérapie de nombreuses affections (rachitisme, tuberculoses, rhumatismes).

Au cours du dernier siècle, la lumière artificielle (incandescence, lampes à vapeur de mercure, fluorescence) a offert de nouvelles perspectives thérapeutiques, faisant appel à des rayonnements spécifiques (UV, visible, infrarouge), autorisant des niveaux d'énergie mesurables et fiables.

Les résultats les plus appréciables ont concerné l'ictère néonatal, certaines affections articulaires et cutanées, notamment le psoriasis (UVB et puvathérapie).

Mais l'arsenal thérapeutique s'est accru depuis 1965 de certaines émissions laser donnant naissance à des radiations cohérentes, mono chromatiques, d'énergie et de durée variables.

C'est ainsi que les lasers à CO₂ (10,6 nm) et à Neodyme Yag (1 064 nm) sont couramment utilisés pour certaines dermatoses (verruques, etc.), en gastro-entérologie, en neurochirurgie et en laryngologie. Par contre, les résultats obtenus en cancérologie sont plus nuancés.

Mais c'est surtout dans le domaine de l'ophtalmologie que les indications se sont étendues, notamment pour la chirurgie réfractive de la myopie (laser excimer à 193 nm), le glaucome (laser à argon) et différentes rétinoopathies (diabète, dégénérescence maculaire liée à l'âge, déchirures rétinienés) où les lasers à l'argon et au krypton émettant dans le visible, sont souvent bénéfiques. Enfin, le laser Yag, dont l'émission est puissante et particulièrement brève (10⁻⁹ seconde), produit une onde de choc créant une solution de continuité dans la cataracte secondaire, liée à la mise en place d'un implant cristallinien.

Ainsi, maniée avec discernement et en respectant des protocoles évitant toutes complications, la lumière s'avère un agent thérapeutique aux indications bien précises qui ne peuvent que profiter des avancées de la biophysique et de la photobiologie.

GEORGES PERDRIEL, ANCIEN PROFESSEUR AU VAL DE GRÂCE

Déficiences visuelles et lumières

Roger Genicot, Docteur en neuro-psycho-physique visuelle, et directeur CRF et Centre basses visions Pouplin-La-Lumière (Liège) nous présente une introduction aux espaces photovariables comme lieux d'étude de la basse vision, et aux prescriptions d'éclairage spécifiques pour des situations réelles. Cet exposé

est une nouvelle version du texte présenté aux Journées nationales de la lumière 2000 à Paris.



Pour servir notre propos, nous retiendrons de l'acte visuel la définition suivante : **voir, c'est utiliser son environnement grâce à la lumière** ; c'est donc un savoir-faire avec les objets baignés de lumière.

Le choix des lumières

On connaît les bonnes lumières pour voir les détails ; on connaît les bonnes lumières pour voir très loin (la visibilité accrue) ; les bonnes lumières pour voir vite et rapidement, pour prévoir avec justesse (les lumières qui anticipent les gestes) ; les bonnes lumières pour voir ce qu'il faut et ce qu'il est utile de voir (l'orientation de l'attention vers des lumières attractives). Pourrait-on de même connaître les bonnes lumières qui restaureraient pour partie ou compenseraient un tant soit peu le déficit visuel ?

Pas de doute, par ailleurs, que l'on majore le handicap visuel avec de mauvais éclairagements. L'inconfort visuel, les distracteurs d'attention et les éblouissements procèdent souvent des lumières mal appropriées.

Comment servir par l'environnement-lumière le comportement visuel d'une personne qui souffre d'un trouble oculaire ?

C'est par les corrections photométriques et spectrophotométriques des flux lumineux (éclairagements, verres filtrés colorés et ambiances lumineuses) que l'on remédie aux défauts d'adaptation aux lumières.

La basse vision comme déficiência du contrôle de la lumière

Par rapport aux espaces de lumière, les troubles visuels s'expriment de trois façons (justifiant par là l'intérêt fonctionnel d'une lumière revue et corrigée) :

■ **Par une photosensibilité modifiée.** Soit une hypersensibilité à la lumière (dont la **photophobie**). L'œil fragilisé par une affection devient souvent vulnérable à la lumière. Le sujet évite systématiquement les clartés au point de présenter des attitudes de type phobique. Il ne parvient plus ou avec difficulté à contrôler l'organisation antagoniste des champs récepteurs inhibiteurs et excitateurs du réseau rétinien et une modification psychophysique des canaux de filtrages chromatiques (voies et centres visuels).

Soit une **hyposensibilité à la lumière** avec le

besoin de rechercher beaucoup de lumière pour marquer les contrastes et mieux voir (la **photophilie**). C'est le cas de la mésopisiation de la personne âgée, certaines opacités des milieux antérieurs de l'œil, les scotomes circulaires périphériques avec vision centrale épargnée ...

Enfin, les **déplacements de la courbe de sensibilité spectrale relative** (V_λ) ne sont pas rares non plus. Celle-ci peut glisser vers les longueurs d'ondes inférieures ou supérieures, privilégiant soit les filtres bleutés (passe-haut), soit les filtres de la gamme des rouges (passe-bas), soit ceux complémentaires aux passes-bandes moyennes (la gamme des pourpres). Les verres colorés modifient le rapport de luminance distale (l'environnement) en fonction de la nouvelle donne des champs récepteurs rétiens lésés (stimulus proximal).

■ **Par une photodépendance perceptive ou morphologique.** L'objet et son usage ne sont plus perçus que dans un certain contexte de lumière et s'effacent ou s'estompent dans un autre contexte : la démarche consiste à définir ce nouveau patron de lumière efficace. La vision déficiente s'arrime plus étroitement sur quelques caractéristiques morphologiques des lumières ambiantes réfléchies propices à jouer un rôle dans la mise en forme des objets. La vision perd ainsi de sa constance perceptive. L'œil et le système visuel ont quelques difficultés à stabiliser les variations erratiques de luminances ambiantes pour les ramener à un régime moyen neurobiologiquement amorti (la constance des rapports de luminances). Rappelons que la constance perceptive est la fonction du système visuel qui sert à maintenir stable et permanente la perception de l'objet, quel que soit son mode d'illumination.

■ **Par un photoguidage visuomoteur moins assuré.** Celui-ci entraîne désorientation, déséquilibre, stress, tensions musculaires, fatigue, distraction, maladresse, adynamie et inappétence aux mouvements, douleurs, etc. Il s'agit de savoir refaire des actions, de revalider des gestes dans des ambiances lumineuses corrigées. On apprend à mieux voir même dans un environnement aux lumières mieux ajustées. Lors de l'apparition d'un trouble visuel, les anciens montages neuromoteurs anticipatoires (préparation à l'action et à son maintien) subissent des dislocations "psychophotométriques". Le sujet est livré à un bruit de lumière, c'est-à-dire à un environnement peu structuré pour le montage de gestes adaptés, voire pour le maintien des automatismes et des habitudes. Les lumières n'incitent plus (ou incitent moins) à l'action assurée, elles ne sont plus attractives du fait de leur valeur désinformative, de leur caractère inattendu et peu prédictif (elles perdent leur qualité d'"affordances").

Contextes d'éclairage et tests visuels ou comment éclairer le comportement

Dans cet état d'esprit et afin d'examiner la basse vision au cas par cas, d'en faire l'analyse, nous avons imaginé des **espaces photovariables** afin d'expérimenter une activité visuomotrice naturelle soumise à de nombreuses ambiances lumineuses. Pour ce faire, des **éclairages polyvalents** sont incrustés dans des **lieux vernaculaires** : pièces, plans de travail, salles de séjour, tables de jeux et de lecture, ludothèques pour enfants, couloirs, paliers, escaliers, espaces de découvertes, lieux de travail : le sujet est invité à agir spontanément selon des consignes précises (se déplacer, s'orienter, éviter, contourner, localiser, pointer, désigner, reconnaître, estimer,



Vue d'ensemble d'un couloir polyvalent. Lumières artificielles - lumière naturelle. Panneau de commande à gauche.

apprécier, prendre, saisir, manipuler, lire, écrire, reproduire, confectionner, copier, regarder la télévision, etc.), alors que les rendus visuels se modifient sous différents éclairagements aux effets préalablement choisis et commandés à volonté par des consoles électriques ou électroniques.

Pour beaucoup d'affections oculaires acquises, nous préconisons la mise en place d'une **ortho-psycho-photométrie visuelle des basses visions** (les correctifs de lumière - dont les verres filtrés - et les conseils-recommandations en éclairage). L'intérêt premier est de recréer de façon dynamique et réaliste des seuils perceptifs photosensibles exploitables pour la reconnaissance des formes et objets de l'environnement ainsi que de leur usage.

C'est la recherche progressive d'une lumière vicariante restauratrice des fléchissements de la vision. Traiter la lumière, c'est traiter indirectement l'œil souffrant au moins dans quelques-uns de ses aspects symptomatiques (l'éblouissement, l'inconfort, le brouillard, le stress et la fatigue, le flou, le confus, les impressions bizarres, etc.).

Limites d'application

Notre expérience de revalidation "photopsychomotrice" concerne les affections à composante optométrique : les cataractes et opacités des milieux antérieurs de l'œil, les vices majeurs de réfraction, les troubles du dosage pupillaire ; mais concerne surtout les affections rétiennes

Exemples d'éclairage portant sur quelques indices dehaussement scénique.



(les rétinites avec scotomes, les dégénérescences maculaires, les glaucomes avec perte de champ visuel, les névrites optiques, les hémianopsies, les cécités centrales...).

Il n'y a, en principe, pas de limite d'application nosologique car les mesures correctives portent sur l'environnement, la visibilité des événements et donc les circonstances physiques exploitables. A la question : l'œil fonctionne-t-il mieux dans certains contextes de lumières plutôt que dans d'autres, nous abordons l'étude des indications pour l'application de mesures ortho-psycho-photométriques. Une étude approfondie de ces mesures pourra ensuite être développée.

Une procédure d'ortho-psycho-photométrie visuelle

Le programme de revalidation consistera d'abord à définir l'architecture des éclairages intérieurs susceptibles de faciliter les actions en rehaussant les indices pertinents de vision (écologie de la vision lors de la marche, des manipulations, de la lecture rapprochée et éloignée, ou tout autre activité visuelle). Ces indices (niveaux pertinents d'application des éclairages) nous sont dictés par les paliers d'intégration neurophysiologique du signal visuel et par notre expérience chez le malvoyant.

Prenons pour exemple les indices de rehaussement scénique (situations sur lesquelles portera l'éclairage) pour l'activité de déplacement intérieur. Nous partirons du plus global au plus local ; d'un espace élargi à un espace réduit ou concentré.

■ **Le cadre physique** (ou fenêtre scénique) duquel la personne voit son environnement. Il s'agit des limites physiques du champ de perception, les limites panoramiques. Ce sont les **contraintes matérielles des perspectives du regard** (par exemple sur un écran, un tableau, une TV, l'embrasement d'une porte ou d'une fenêtre, les limites d'un plan de travail, d'une table, d'un banc d'école, l'espace entre deux murs, deux colonnes, une cage d'escalier, un couloir, un hall, une salle, etc.). Ce cadre est différent du champ visuel. Celui-ci dépend non plus du contexte mais du point de vue ou axe de vision du sujet : vision centrale et son extension périphérique (les isoptères).

■ **Les discontinuités des surfaces**, c'est-à-dire les **saillances** globales et les singularités d'apparence (les contrastes de luminances, colorés ou non, les plages, les éclats de lumière, les reflets, les taches lumineuses, les ombres, pénombres, etc.). Il s'agit de grandes régions de l'espace perçu définissant des îlots de luminance dont l'étendue, pour ne pas être clairement délimitée, est identifiée ou située, localisée globalement mais sans pourtour précis ni orientation. Ce perçoit correspond souvent à des portions de champ visuel supérieures à 15 degrés (faible fréquence spatiale). Ces phototypes sont valorisés et prégnants lors de la vision inférieure à 1/60 d'acuité et toujours utiles dans la perception pendant des temps d'exposition très courts, de l'ordre d'1/10 de seconde.

■ **Les discontinuités de traits**. Il s'agit des **saillances locales orientées** sous forme de barres lumineuses isolées ou en réseau, ou encore de taches de grandes surfaces à bords concaves ou convexes. Ces saillances sont extraites des discontinuités de surfaces. Il s'agit, de façon générale, de traits ou bandes de lumière dirigés, répétés, rythmés, formant des lignes, des courbes, des angles, des coins, des jonctions lumineuses entre des plans (murs, parois, sols, etc.) signalant des inclinaisons sur la verticale,

des pentes sur l'horizontale, mais aussi des brisures de lignes, des intersurfaces, des espaces interlignes, des interruptions annonciatrices de déclivités, de marches, de falaises, de trous, d'écartements, de rapprochements. Le regard est soumis à un effet centrifuge d'attraction et de captation. Il recherche les singularités de lumière tous azimuts. Ces phototypes sont utilisés pour une vision allant de 1/20 à 1/60.

■ **Les enchaînements de traits** : c'est-à-dire les regroupements et concaténations de traits contrastés, la **succession des saillances locales pour former un tout**, une continuité organisante, une sorte d'aimantation de la perception des figures sur le fond, des bords, des limites et des frontières, les contours et les pourtours, les formes et les silhouettes (effet centripète des gestalten : proximité, similitude, bonne continuation, sort commun, fermeture, taille relative, symétrie).

■ **Les aspects situationnels exocentrés**, la position relative des formes, leur dimension, la distance entre elles, leur orientation, leur disposition globale indicatrice de profondeur et de relief. Ici jouent un rôle important les ombres liées et projetées, les occlusions, les superpositions, les objets partiellement cachés et leur compléon.

■ Les aspects de l'environnement et les repères distaux par rapport aux **référénts corporels**. Il s'agit d'apprécier l'espace par rapport au corps dynamique de l'observateur (**espace corporel projectif**). Ainsi, peut-on définir le proche du lointain, le haut du bas, la gauche de la droite, le grand du petit, l'étendu de l'étroit, etc. Il s'agit aussi d'apprécier les axes de perspective 2D/1/2 liés au positionnement du sujet dans l'espace géométrique : les effets de champ et de perspective.

■ **La consistance** : la capacité de distinguer entre les lumières avec **effets optiques** virtuels – dont les leurres (les réflexions des fenêtres ou luminaires sur un sol reluisant...) et les matières – solides, caractéristiques des **objets tangibles** et stables. C'est aussi la dissociation entre la transparence par rapport à l'opacité ; le dur par rapport au mou ; le rigide par rap-

port au visqueux, au flasque, à l'instable.

■ **L'identité de l'objet**, sa reconnaissance, sa permanence aussi bien dans son aspect global que dans son aspect local ; son **usage**, sa **dénomination**, la prégnance. C'est la reconnaissance de la forme solide et stable 3D, facilitée par le contexte, la mémoire des lieux, le mouvement, la localisation, les expériences, les modes d'emplois, les savoir-faire.

■ **Les mouvements** : les mouvements concernent tous les aspects précédents relatifs aux formes, aux référents corporels, aux aspects exocentrés et à l'identification de l'objet. Il s'agit des **mouvements du flux optique** selon les déplacements du spectateur (changement total de la scène sur la rétine par rapprochement, éloignement ou glissement latéraux), mais aussi les informations du spectacle avec déplacements d'une partie de la scène : les **translations**, les **rotations**, le **grandissement** d'un objet qui se rapproche, le rapetissement par éloignement, les informations sur le relief (dont la parallaxe du mouvement). Signalons l'importance de la vision périphérique très sensible aux mouvements...

■ **Les détails**, les textures, les dessins et la **trame des surfaces** locales permettant des fixations pour les poursuites visuelles et la programmation des saccades oculaires à la base des stratégies visuelles lors des explorations systématiques de scènes précises (fréquences spatiales élevées à fort contrastes rehaussés par les éclairages accentués et rasants). Ce niveau concerne les éléments décoratifs et l'aménagement des surfaces.

■ **La signalétique directionnelle** : les flèches, les repères d'orientation, les icônes de localisation (ascenseur, sortie, étage, escalier de secours, ...), les inscriptions signalant les lieux (écrans d'identification de bureaux, de salles, etc.), les plans et cartes de circulation.

■ **La signalétique des contenus** : panneaux et valves d'informations, tableaux horaires et de prix, types d'expositions, écrans pour commentaires explicatifs, textes divers.

ROGER GENICOT

Lumière et tâches visuelles

Christian Corbé, directeur du Centre principal d'expertise médicale du personnel navigant (CPEMPN), consultant national d'ophtalmologie appliquée aux Armées, nous détaille l'évolution physiologique et clinique oculaire ainsi que l'évolution des tâches visuelles. Cet exposé a fait l'objet d'une intervention durant les Journées nationales de la lumière 2000, à Paris.



L'ergonomie, le confort domestique, le support ludique ont bénéficié depuis longtemps de l'attention des ophtalmologistes et des ingénieurs en éclairage. L'Association française de l'éclairage a publié plusieurs recommandations spécifiques.

La recherche de la meilleure adéquation entre source lumineuse, activité et œil passe obligatoirement par une bonne adaptation de l'éclairage aux performances visuelles, soit en agissant directement sur l'émission de lumière ou bien en protégeant l'œil. Deux impératifs doivent être pris en compte, celui de la lumière optimisant la prise d'information et le bien être cognitif, et celui de la lumière agressive, dangereuse pour les éléments cellulaires oculaires.

Position actuelle du problème

Jusqu'à présent la photo ergophtalmologie prenait surtout en compte les conditions d'activité à la lumière naturelle ou artificielle située dans le spectre visible avec les bordures de l'infrarouge et de l'ultraviolet. Les recommandations étaient en majeure partie à destination d'une population active. Or l'ensemble de la population mondiale part en retraite de plus en plus tôt et a une espérance de vie de plus en plus longue, ce qui amène de nouvelles contraintes.

Par ailleurs, l'évolution technologique met l'homme dans des conditions inhabituelles, où sont mis en œuvre de nouveaux outils et matériaux dont les exigences sont une grosse charge de travail visuel.

Notons en dernier lieu que le développement des neurosciences a permis une connaissance plus approfondie des mécanismes visuels, qui ne sont qu'un élément du mécanisme neuro-sensoriel dans son ensemble.

Evolution physiologique et clinique oculaire

■ Neurophysiologie

Les découvertes récentes en neurophysiologie et en psychologie cognitive nous ont appris que le système visuel est un élément sensoriel actif et non passif dans le captage de l'image. La voie optique dès la rétine est formée fonctionnellement de plusieurs canaux conduisant en parallèle les caractéristiques énergétiques du spectre électromagnétique réfléchi sur les objets avec leurs différents composants (spatiaux, temporels, couleurs, lumineux). Quatre grands ensembles ont pu être mis en évidence à l'intérieur desquels existent des sous-ensembles. On distingue :

- Un système traitant l'information relative aux formes.
- Un système traitant l'information relative aux couleurs.
- Un système traitant l'information relative aux mouvements, à la localisation et à l'organisation spatiale.
- Un système traitant l'information relative à l'intensité lumineuse.

Ainsi l'information visuelle n'est pas traitée par un système hiérarchique unique, mais par plusieurs systèmes dont les propriétés sont très différentes, mais dont le mécanisme d'action est identique, basé sur le fait que les cellules rétinienne fonctionnent par opposition de stimulation lumineuse, donc par contraste de luminance entre les surfaces adjacentes des images ou objets de l'ergo-panorama.

■ Clinique

L'œil du sujet en retraite est en danger de malvoyance par des pathologies qui en dégradant différemment les canaux analyseurs neuro-rétiniens vont entraîner une modification des stratégies de captage d'informations visuelles où l'attracteur actif situé dans l'enveloppe de vision ne sera peut être pas le même. Ces maladies moins fréquentes il y a dix ans du fait d'une espérance de vie moindre sont dans les pays occidentalisés par ordre de fréquence la dégénérescence maculaire liée à l'âge, le glaucome, le diabète, la myopie.

D'autre part, l'œil du sujet actif myope ou astigmate, ou du jeune presbyte est tenté par la chirurgie réfractive qui permet la récupération de l'acuité visuelle sans l'inconvénient du port de lentilles

ou de verres correcteurs qui constitue pour certains une gêne ou une aberration esthétique pour les autres. Cette chirurgie qui se développe dans le monde entier semble être effectivement un moyen satisfaisant au niveau de la correction optique et au niveau économique puisqu'une fois l'intervention réalisée, les aides optiques ne sont plus nécessaires donc absence de prise en charge par la sécurité sociale ou les mutuelles.

Plusieurs types d'interventions ont été proposés au fil des années, certaines sont abandonnées, d'autres ont émergé. Deux sont communément standardisées par les chirurgiens de l'œil : la photokératectomie par laser excimer et le lasik qui assure une photoablation sous clapet cornéen. L'objectif est d'agir sur la puissance réfractive de la cornée par ablation ou renforcement de certaines zones de la surface de cette membrane. Cependant l'intervention entraîne une modification du transfert de l'information visuelle en modifiant le contraste de luminance perçu, en développant une sensibilité accrue à l'éblouissement, en générant des halos colorés, surtout la nuit, en désadaptant l'œil en vision nocturne plus rapidement en présence d'une simulation lumineuse. Dans ce cas le rôle lumière est essentiel dans sa modulation.

Enfin, la technique micro-chirurgicale oculaire de plus en plus développée permet et autorise les interventions pour cataracte beaucoup plus précocement qu'auparavant, avec une mise en place d'un cristallin artificiel qui là encore redonnera au patient une bonne acuité visuelle au détriment d'une plus grande sensibilité à l'éblouissement et d'un léger trouble de la vision colorée d'axe bleu-jaune. L'adaptation de la lumière ambiante sera ici spécifique et adaptable.

Dans le cas suivant, la lumière sera elle-même traitement. Il s'agit de la phytothérapie dynamique qui a pour objectif de détruire les néovaisseaux rétinien apparaissant dans certaines formes de dégénérescence maculaire liée à l'âge. La technique consiste à injecter par voie intraveineuse un produit (la visudyne) qui devient toxique pour les cellules lorsqu'il est activé par la lumière. Le produit injecté est absorbé par les cellules vasculaires de l'organisme puis activé par un regroupement lumineux bien défini qui détruit les vaisseaux parasites.

La lumière et ses annexes

Les radiations laser qui connaissent de multiples applications ont pris un essor considérable ces dernières années. Elles sont le plus souvent considérées comme un moyen technique au service de l'industrie ou de l'art. Leurs

utilisations couvrent un éventail de domaines considérables : travaux de construction, alignement, télémétrie, topographie, holographie, microperforation en horlogerie, etc. Par ailleurs, le laser peut être source d'incapacité ou de lésions oculaires définitivement dommageables. Au moindre degré il provoque un trouble de la vision des couleurs. C'est ainsi qu'en 1990 Arden a rapporté les résultats d'une étude sur la vision des couleurs des ophtalmologistes allemands. Il a comparé les réponses des ophtalmologistes utilisant le laser et le microscope opératoire avec celles des confrères n'utilisant ni l'un, ni l'autre. Les résultats ont montré une altération de la vision des couleurs d'axe tritan chez 33 % des ophtalmologistes du 1^{er} groupe, alors que les résultats étaient normaux dans le 2^e groupe. Une relation entre le nombre de patients traités et la sévérité du déficit a été retrouvée. L'utilisation du microscope opératoire pendant 30 heures produirait une altération de la vision colorée d'axe traitante équivalente à celle observée après une photocoagulation rétinienne. Ce déficit dans le bleu s'exprimerait par l'utilisation de laser argon bleu ou bleu vert.

Evolution des tâches visuelles

Les écrans envahissent de plus en plus notre vie quotidienne développant ainsi de nouvelles exigences visuelles. Ceci se produit dès le plus jeune âge avec les jeux vidéo et la généralisation de l'informatique à l'école. Dans l'automobile, on voit apparaître des écrans de navigation pour le conducteur et des écrans de télévision pour les passagers à l'arrière. Ainsi la vision est constamment sollicitée surtout la vision de près, avec un effort d'attention et d'accommodation soutenue. Qui dit écran dit luminance et chrominance ! La qualité de l'écran joue un rôle important.

Conclusion

Lumière, œil et tâches visuelles sont des paramètres liés spécifiques et adaptés. L'adaptation de la lumière se fait bien sûr au profit du plus grand nombre pour des raisons économiques et des raisons de commodité. Cependant, l'œil n'est qu'un instrument de captage au profit d'un individu, et surtout, par suite, au profit d'une entité neurosensorielle et cognitive unique. Il est important que le médecin, en l'occurrence le médecin de la vision et les professionnels de la vision, soient informés de l'utilisation adaptable et riche en potentiels de la lumière, mais aussi que les ingénieurs de la lumière soient bien au fait du mécanisme complexe visuel sous-tendu par le cerveau.

CHRISTIAN CORBÉ