

Misc B-82-6

de "LA CLINIQUE OPHTHALMOLOGIQUE" 1956 - N° 3

Fluorescence et télévision

Peut-on remédier à la fatigue que présentent certains sujets ?

par R. BIDEAU (Paris)



Les nouveautés en diverses matières entraînent souvent des critiques. Ni les tubes fluorescents ni la télévision n'ont échappé à la règle et il n'est pas d'ophtalmologiste qui n'entende journallement de récriminations à ce sujet.

Nous passerons en revue, tout d'abord, les particularités des tubes fluorescents et de ceux de la télévision; puis, comme ils présentent des spectres d'émission très voisins, nous examinerons leurs particularités communes et le remède que l'on peut apporter aux difficultés que soulève leur usage chez certaines personnes.

LES TUBES FLUORESCENTS

On sait que ce mode d'éclairage consiste à exciter, par des rayons ultra-violets produits à l'intérieur d'un tube, la fluorescence de poudres qui en tapissent l'intérieur.

Un tel procédé présente électriquement de gros avantages puisque le rendement est de 22 % au lieu de 7 % avec les lampes à incandescence. La proportion d'infrarouges, énergie perdue au point de vue lumineux, n'est que de 30 % avec la fluorescence alors qu'elle atteint 80 % avec l'incandescence.

Un système d'éclairage qui présente de tels avantages, et qui s'est répandu avec une rapidité considérable, en quelques années, est pourtant assez vivement critiqué.

Il est certain, d'abord, que toute modification aux habitudes acquises amène une partie du public à se plaindre, que cela soit ou non justifié. Le temps passe..., puis une nouveauté apparaît et les regrets surviennent...

Les plaintes actuelles relatives à la fluorescence ne font que succéder à celles qu'avaient soulevées les lampes à incandescence dites demi-watt il y a 25 ans (Cf. un article de J. L. PECH de *La Nature* de 1924).

Cette « nouveauté » amenait certains à regretter la vieille lampe carbone du début de l'éclairage électrique, qui n'avait pourtant pas été si bien accueillie au temps de l'éclairage au gaz. Il y a 20 ans, les presbytes de 48 ans accusaient la lumière des « demi-watts » de les avoir rendu presbytes... Aujourd'hui, ce sont les tubes fluorescents, rien n'est changé.

On pourrait se contenter d'en sourire si, parfois, dans d'importants bureaux de grandes administrations, comme nous avons pu le constater à l'E.D.F., ne survenaient des revendications collectives de tout un groupe d'employés. Il est difficile, en pareil cas, de faire la part de l'auto-suggestion, de l'esprit d'imitation et de faits réels.

Dans ce cas, à la suite d'un examen ophtalmologique systématique, on a pu constater que, sur 10 personnes travaillant dans le même bureau, 7 présentaient un défaut optique non corrigé ayant jusque là passé inaperçu ou encore mal corrigé. Il s'agissait, pour la plupart, d'astigmates, d'hypermétropes en sous-correction, ou de presbytes à leur début. La prescription de verres appropriés supprima facilement, ou tout au moins, atténua considérablement les troubles.

On peut penser que l'équilibre accommodateur plus ou moins précaire de ces personnes avait été perturbé par l'usage d'une lumière dont la couleur était différente de celles qu'elles avaient l'habitude d'utiliser. Nous rappellerons plus loin que l'œil présente d'importants défauts chromatiques et nous insistons sur le dichroïsme des tubes fluorescents.

Une question se pose toutefois : ce mode d'éclairage est préjudiciable aux sujets dont la vue est mal corrigée ou non corrigée — et il est facile d'y remédier — l'est-il aussi chez ceux dont la vision est normale ou convenablement corrigée ?

L'existence d'un rayonnement riche en ultra-violets émis par les tubes fluorescents ne peut nous laisser indifférent.

Un travail très complet a été fait à ce sujet par M. LATARJET (1949). Il a abouti aux conclusions suivantes :

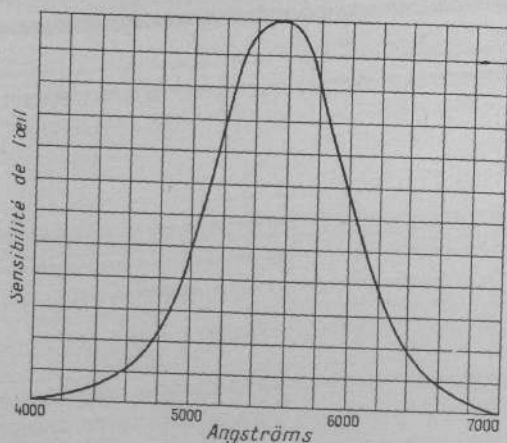


Fig. 1. — Courbe de sensibilité de l'œil aux différentes longueurs d'onde (cas d'une luminosité moyenne.)

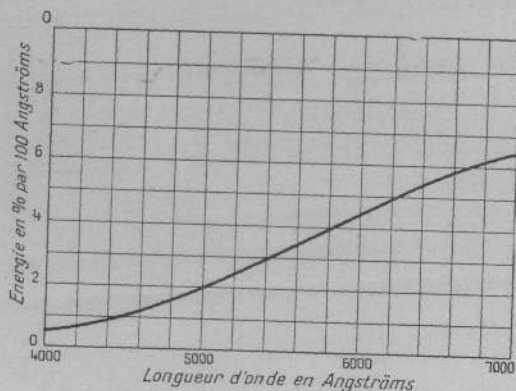


Fig. 2. — Graphique obtenu avec une lampe à incandescence.

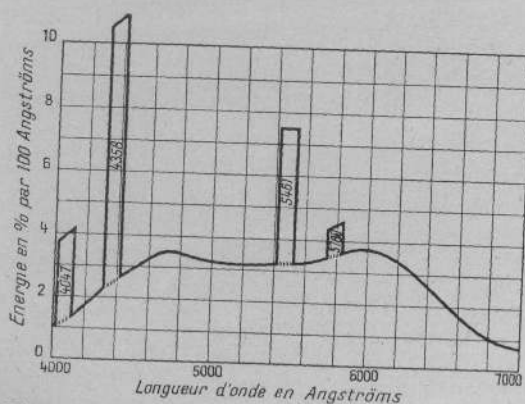


Fig. 3. — Spectre d'émission d'un tube " lumière du jour " Mazda.

En éclairage à distance, ces rayons ne peuvent produire de lésions de la peau ni des milieux et tissus transparents de l'œil. L'éclairage rapproché, en principe, ne peut non plus entraîner de telles lésions si on respecte les règles habituelles de l'éclairage, et en particulier si l'œil n'est pas atteint par un rayonnement direct.

Des travaux récents (*American Journal of Optometry*, Travaux de WOLF) semblent montrer que l'existence d'un faible rayonnement U.V. peut amener une diminution assez importante de la sensibilité rétinienne des cônes et des bâtonnets. Ceci cadrerait assez bien avec l'impression qu'ont les sujets d'y voir plus mal bien que la quantité de lumière dont ils disposent soit plus grande qu'avec les autres modes d'éclairage. On doit reconnaître aussi que les éclairagistes recommandent constamment d'éviter la lumière directe, ce qui supprime du même coup le rayonnement direct U. V., qui pourrait être nuisible si on en croit ces travaux.

Le papillotement des tubes est inévitable, étant donné leur constitution. A chaque période de courant, le flux lumineux s'annule et passe deux fois par un maximum, soit pour la plupart des secteurs 100 fois par seconde. Dans l'éclairage par incandescence, l'inertie calorifique du filament diminue l'importance du phénomène ; au contraire, dans l'éclairage par fluorescence, un léger papillotement peut être décelé, et ceci surtout dans la portion périphérique du champ visuel, qui y est, c'est une notion classique, plus sensible. (Y. LE GRAND.)

Le montage dit « en duo », où chacun des tubes travaille en opposition de phase, améliore considérablement cet inconvénient, qui ne semble pas devoir beaucoup entrer en considération, sauf lorsqu'on craint (machines en mouvement) un effet stroboscopique qui peut être dangereux du fait qu'un objet en mouvement peut ne pas être décelé facilement.

L'action des rayons invisibles du spectre peut être intéressante pour les U. V.

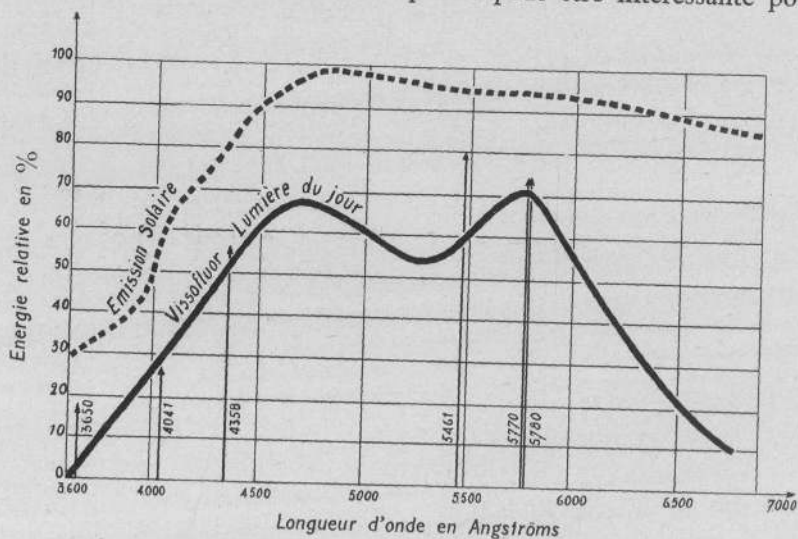


Fig. 4. — Spectre d'émission d'un tube « lumière du jour » Visseaux.

En pointillé, courbe de l'émission solaire.

Les lignes verticales donnent les valeurs relatives pour les longueurs d'onde visibles des raies de la vapeur de mercure.

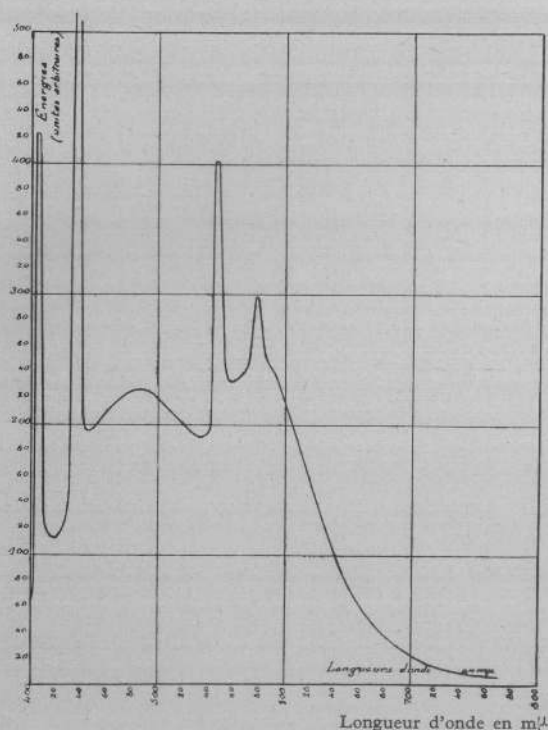


Fig. 5. — Spectre d'émission d'un tube « lumière du jour » Sylvania.

sans troubles de réfraction, sous un éclairage bien conçu, peuvent présenter des troubles.

L'étude des courbes d'émission des tubes peut nous donner une explication qui a été envisagée par certains auteurs (SÉGAL), car elles montrent l'existence d'un dichroïsme qui nous paraît de la plus grande importance (fig. 3, 4, 5). Nous n'insisterons pas sur ce point, nous réservant d'y revenir plus longuement au cours de cet article, car c'est une particularité commune aux tubes fluorescents et aux tubes de télévision.

LA TÉLÉVISION

On connaît le principe des tubes cathodiques utilisés en télévision : un mince faisceau d'électrons vient frapper un écran recouvert d'un enduit de poudres spéciales, dont il excite la fluorescence et forme ainsi un spot lumineux. Ce spot, convenablement dirigé et modulé au point de vue intensité lumineuse, explore toute la surface de l'écran et recrée une image reproduisant l'objet à transmettre 25 fois par seconde.

Or beaucoup de sujets se plaignent de fatigue, de larmoiement, de céphalées, au bout d'une observation assez courte. Comme pour les tubes fluorescents, il faut d'emblée éliminer les récriminations sans fondements, qui sont habituelles quand il s'agit de nouveautés, et aussi les troubles de réfraction s'il en existe.

Il faut aussi éliminer, sans hésiter, des troubles qui auraient leur origine dans on ne sait quels rayons *mystérieux* émis par les tubes cathodiques. Le malheureux faisceau d'électrons, origine du spot lumineux qui crée l'image, est

(on a vu la possibilité qu'ils peuvent avoir de diminuer la sensibilité rétinienne), mais il ne semble pas que l'action des infra-rouges puisse entrer en ligne de compte. Nous avons vu d'ailleurs que ces I. R. sont en quantité bien moindre dans ce cas que dans celui des lampes à incandescence (30 % d'énergie transformés en infra-rouges avec les tubes fluorescents au lieu de 80 %).

Un autre reproche a pu être fait, c'est celui du manque d'ombre dû à la vaste surface d'émission... Il est exact que l'existence d'ombres amène une meilleure perception des formes ; c'est un fait qui peut et doit entrer en considération, mais l'art de l'éclairagiste peut y porter remède par une meilleure disposition des sources lumineuses.

Ces considérations permettent d'expliquer, ou même d'éliminer, un grand nombre de cas d'intolérance, mais il est certain que des sujets de bonne foi,

bien innocent de ces prétendus méfaits. En un mot, aucun rayon nocif n'existe, aucune lésion n'est observée ; ici encore il ne s'agit que de troubles fonctionnels et particulièrement de fatigue oculaire.

Il est bon de remarquer aussi, qu'il s'agisse de télévision, de cinéma, de théâtre, de spectacle d'une façon générale, qu'une attention soutenue durant des heures ne peut qu'amener une fatigue oculaire ; il serait même surprenant qu'il en fut autrement, et ceci d'autant plus que l'observation se fait non à l'infini comme dans une salle de spectacle, mais à 2 ou 3 mètres, et parfois moins, ce qui peut fatiguer une accommodation déjà un peu surchargée.

Toutefois, comme pour les tubes fluorescents, il faut convenir que des sujets bien corrigés ou emmétropes, de bonne foi, se plaignent d'une fatigue anormale dans un délai très court, alors que d'autres observateurs ne manifestent aucun trouble dans les mêmes conditions.

Dans une famille que nous avons étudiée, sur 7 personnes, 5 font preuve d'une tolérance parfaite, 1 se déclare rapidement fatiguée, et une dernière au bout de 15 minutes ne peut continuer à fixer l'écran.

Dans le cas de la télévision, la plupart des objections formulées à l'encontre des tubes fluorescents ne sont pas valables. Le papillotement à la fréquence du secteur n'existe pas ; il existe bien un papillotement dû à la succession des images, en général à une cadence de 25 par seconde, mais les conditions ne sont pas très différentes de celles que l'on retrouve dans le cinéma. Il n'y a pas d'émission de rayons U. V. et I. R., et le niveau de luminosité et le contraste sont facilement réglables.

LES CARACTÉRISTIQUES COMMUNES : LE DICHROISME

Pourtant, la télévision et les tubes fluorescents ont un point commun : la discontinuité de leur spectre d'émission.

Tous présentent une forte émission vers les bleus ($4400 \text{ \AA}$) et vers les jaunes ($5550 \text{ \AA}$). En outre, dans le cas des tubes fluorescents, le phénomène est encore plus marqué du fait de l'existence d'une atmosphère de mercure ; on relève, en effet, la présence de multiples raies, particulièrement celles de 4358 et $5461 \text{ \AA}$, qui fournissent une énergie non négligeable (10 % environ).

On obtient ainsi diverses courbes qui varient suivant le type de tube et leur marque (fig. 3, 4 et 5).

Comme on le voit, aucune de ces courbes fournies par les fabricants n'est semblable, mais toutes sont « en dos de chameau » et présentent une incontestable parenté avec les courbes des tubes de télévision (fig. 6), de sorte que tout ce qui peut être dit pour les tubes fluorescents peut s'appliquer aux tubes cathodiques et réciproquement. Toutes, en tous cas, sont très différentes des courbes de la lumière du jour naturelle (fig. 4) et même de celles des lampes à incandescence ordinaires (fig. 2).

Tout se passe comme si on s'efforçait de reconstituer un « blanc » approximatif en partant de 2 couleurs fondamentales.

Ce dichroïsme de la lumière des tubes fluorescents et de télévision a souvent été, sinon mis en doute, tout au moins minimisé.

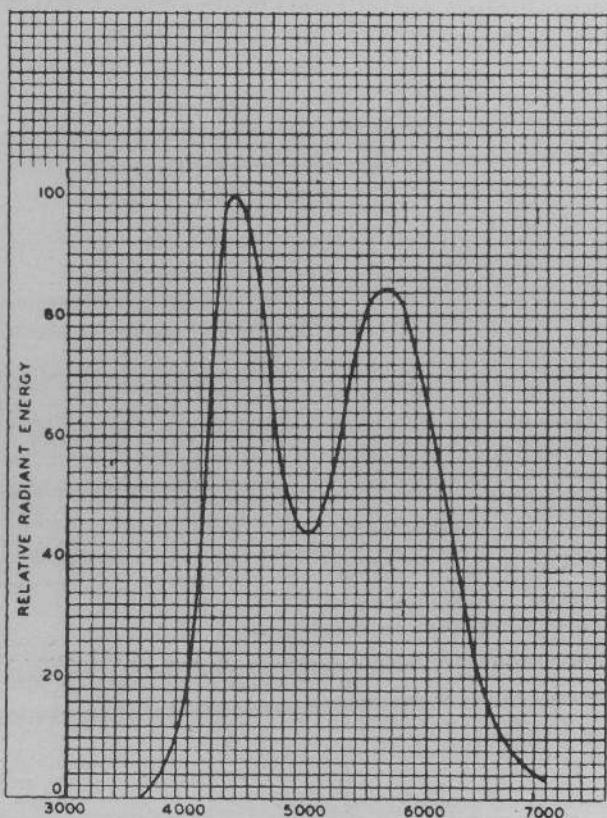


Fig. 6. — Spectre d'émission d'un tube cathodique de télévision. Noter les 2 « bosses » en dos de chameau. Tube R. CA.

comme il fallait s'y attendre, les traits s'immobiliser et apparaître en noir sur un fond jaune orange correspondant au papier blanc éclairé en orangé. Eclairons le disque avec une lampe à incandescence ordinaire et nous voyons le même phénomène se reproduire : les traits apparaissent en noir sur un fond gris.

Si nous éclairons avec un tube fluorescent, survient alors un phénomène nouveau : les traits apparaissent en sépia et les intervalles, en réalité blancs, semblent bleus. Selon les types de tubes, les traits peuvent apparaître en rouge orangé ou en brun, mais les intervalles apparaissent toujours en bleu plus ou moins intense. Il est surprenant de créer un phénomène coloré en partant d'une lumière blanche et d'un disque blanc et noir. Comment expliquer un tel phénomène que tout le monde peut reproduire et qui donne l'impression d'avoir analysé et dissocié la lumière du tube fluorescent ?

Nous pensons qu'il faut revenir sur l'effet de papillotement déjà examiné, qui est en réalité beaucoup plus complexe. En effet, suivant fidèlement la période du secteur,

Une expérience facile à réaliser que nous avons imaginée et que nous croyons inédite le met en évidence (1).

Prenons un disque blanc sur lequel sont dessinés, à la périphérie, un nombre déterminé de traits noirs à intervalles réguliers, disposés comme des rayons.

Faisons tourner ce disque à une vitesse croissante tout en l'éclairant avec une source lumineuse électrique alimentée par du courant alternatif, par exemple le courant du secteur à 50 cycles par seconde. Lorsque notre disque aura atteint une vitesse de rotation convenable, les traits paraîtront s'immobiliser : c'est le classique « effet stroboscopique » et le dispositif est fréquemment utilisé pour le réglage de la vitesse de rotation des électrophones.

Si nous recherchons cet effet stroboscopique en éclairant avec une source lumineuse presque monochromatique, par exemple une lampe au néon, nous voyons,

(1) Cf. Thèse PRUNET, Paris, 1956.

se produit une émission due à l'atmosphère du Hg et correspondant en particulier aux raies de 4358 et 5461 Å. Cette émission s'annule 2 fois par seconde. Par ailleurs, l'émission d'ultra-violet excite la fluorescence des poudres du tube, *mais avec un certain retard*, qui varie avec leur nature, de sorte que les émissions colorées ne se font pas exactement au même moment et se trouvent déphasées d'une quantité plus ou moins importante. Au contraire de l'émission due aux raies du Hg, l'émission due à la fluorescence ne s'annule pas entièrement.

C'est ce qui a été appelé le « papillotement de couleur » ; il a été étudié par le Professeur DEJARDIN et il nous donne l'explication de ce phénomène stroboscopique.

Le dichroïsme de la lumière, que l'on connaît par l'examen des courbes d'émission et que l'on peut contrôler par l'expérience précitée, est le seul caractère différentiel avec l'incandescence (fig. 2, 3, 4, 5, 6) et ne peut être sérieusement contesté. Un sujet normal se rend d'ailleurs bien compte que ces sources lumineuses sont riches en bleu (on s'en aperçoit mieux par comparaison) et assez éloignées de la vraie lumière du jour, si difficile à reproduire.

Cela ne constitue pas une gêne pour la plupart des sujets et dans des conditions d'utilisation favorables. C'est ainsi que peu se plaignent de l'éclairage des voies publiques, des halls, des entrepôts, des locaux vastes, etc., à des niveaux d'éclairement modestes ; au contraire, quand il s'agit d'éclairages plus intenses pour des bureaux ou des ateliers, les plaintes sont plus nombreuses. Il en est de même pour la télévision.

Pour comprendre les inconvénients de ce dichroïsme, il est bon de faire un rappel sur le chromatisme de l'œil.

On sait depuis Newton que l'œil est loin d'être parfait au point de vue chromatisme et qu'il présente de fortes aberrations. L'existence de ces aberrations passe à peu près inaperçue dans la vie courante, mais on peut assez facilement les mettre en évidence (obstruction de la moitié de la pupille qui fait apparaître des halos colorés, expériences avec les verres au cobalt qui ne laissent passer que les radiations violettes et rouges à l'exclusion des autres, etc.), les rayons lumineux, en effet, se réfractent dans l'œil de façon différente selon leur longueur d'onde, c'est-à-dire selon leur couleur, de telle sorte que les rayons violets ou bleus, plus réfringibles, convergent en un point plus rapproché du cristallin que celui où convergent les radiations rouges. Depuis les travaux de POLACK (rapport à la Société d'Ophtalmologie de Paris, 1923), on admet que l'œil accommode sur le foyer qui correspond aux radiations jaunes, maximum par ailleurs de sensibilité rétinienne (fig. 1). Il en résulte des halos colorés, d'ailleurs peu marqués, que nous avons pris l'habitude de négliger dans la vie courante mais que l'on peut mettre en évidence avec les expériences précitées.

Il est bon d'ajouter que ce chromatisme ne nous gêne que peu mais, par contre, joue un rôle très utile dans l'appréciation des distances, constituant ainsi une accommodation colorée dont le rôle est loin d'être négligeable.

Ceci étant, on peut se demander si, chez certains sujets sensibles et sachant mal utiliser leur accommodation, il ne pourrait pas s'agir d'un manque de stabilité de ladite accommodation : l'œil ne sachant sur quel point accommoder (4350 ou 5500 ?) hésite, « boîte », d'où contracture et fatigue. Ce dichroïsme de la lumière semble bien être en cause, car ce sont les tubes où les radiations bleues de 4350 Å sont diminuées qui semblent les mieux supportés. Il est un fait, c'est que ce sont les tubes type « lumière

du jour » qui comportent une très forte émission de 4350 Å qui sont les plus mal supportés.

Cette hésitation que peut avoir l'accommodation pour se fixer sur une des solutions qui s'offrent à elle n'est qu'une hypothèse ; elle séduira toujours un oculiste qui sait par expérience les difficultés que pose l'accommodation.

Elle a quelques défenseurs (cf. le travail de SÉGAL). Les modifications des cercles de diffusion colorés peuvent aussi être la cause de perturbations.

A. DE GRAMONT cite, dans son livre « Problèmes de la vision » (pp. 78 et suivantes), l'opinion du physiologiste belge, NUEL, qui remarque que nous n'hésitons jamais sur le sens dans lequel doit agir notre muscle ciliaire pour effectuer la mise au point de l'image rétinienne... Il ajoute : « Nous éprouvons au contraire une certaine hésitation quant à la mise au point d'une lunette dont l'image présente un chromatisme auquel nous ne sommes pas accoutumés. Le chromatisme de l'œil, dont les effets varient comme nous l'avons vu selon le plan d'accommodation, est sans doute pour nous un guide inconscient ». Ne peut-on penser qu'une lumière dichroïque perturbe gravement le fonctionnement normal d'un œil qui y est soumis ?

Un problème se pose toutefois : si ce dichroïsme est gênant, comment se fait-il que certains sujets seulement en soient victimes ?

Nous avons acquis la conviction que la courbe bien connue de la sensibilité rétinienne (fig. 1) est sûrement exacte quand elle affirme que la S. R. est maxima vers 5550 Å et très diminuée aux extrémités du spectre, mais il n'est pas sûr que tous les sujets présentent une diminution aussi marquée.

PIÉRON écrit d'ailleurs à ce sujet :

« Les constantes ne sont jamais valables avec quelques précisions pour un sujet donné dans des conditions définies. Les constantes varient d'un sujet à l'autre, et chez un même sujet varient notablement avec le niveau de luminosité spectrale avec les conditions préalables d'adaptation, la grandeur des plages et la direction du regard, sans compter divers facteurs secondaires de variation... »

« Cette marge se montre beaucoup plus grande en valeur relative aux extrémités du spectre (atteignant 150 % à 481 mμ et 122 % à 655 chez les 18 sujets de IVES) ».

Dans son traité d'Optique Physiologique, M. Y. LE GRAND, qui fait autorité en cette matière, « consacre, dit-il, son sixième Chapitre à démontrer que le célèbre observateur moyen « fictif » n'existe pas. Le présent chapitre, dit-il, va être consacré à prouver que cette hypothèse est démentie par les faits, lorsqu'elle remplace l'observateur fictif par un individu en chair et en os ». Il insiste sur la complexité du problème au cours de ce chapitre.

Il n'est donc pas interdit de penser que (puisque au fond tous les sujets ne se plaignent pas) ceux qui sont gênés par de telles sources lumineuses sont ceux qui ont une plus grande sensibilité aux extrémités du spectre, dans le bleu en particulier.

Je ne ferai qu'effleurer la question de la sensibilité aux couleurs dans le champ visuel qui a une énorme importance en matière d'éclairage. Il n'est nullement prouvé que cette sensibilité soit comparable à celle de la fovea.

Ici, il faut s'adresser au très beau rapport à la Société Française d'Ophthalmologie de 1952 du Docteur DUBOIS-POULSEN qui conclut : « L'étude de la sensation chromatique

est d'une complexité déroutante. Difficile, lorsqu'on s'adresse à la vision fovéale, qui est pourtant la plus précise, elle devient plus embrouillée et plus décevante quand on s'adresse à la vision périphérique »... « Cette impression est fondée sur les travaux de WENTWORTH, seuls suffisamment précis à l'heure actuelle, mais ces travaux n'ont été menés que sur un seul sujet... »

LES REMÈDES

Si on admet, comme nous le faisons, que le dichroïsme de la lumière est une cause de fatigue, il est logique de s'efforcer d'obtenir une émission, sinon continue, au moins aussi peu discontinue que possible.

C'est ce qui a été réalisé en partie par les fabricants de tubes fluorescents, dont les tubes les plus récents présentent moins d'inconvénients. Pour les tubes cathodiques de télévision, nous n'avons pas connaissance d'autres courbes que celles reproduites plus haut. Sans connaître les détails de fabrication qui ne sont d'ailleurs pas communiqués par les fabricants, on peut penser que l'on doit se heurter à de grosses difficultés lorsque l'on veut obtenir une émission continue.

On peut donc penser qu'il est plus facile de supprimer une des « bosses » des courbes, la bleue bien entendu, afin de respecter la jaune qui correspond au maximum de sensibilité rétinienne.

Un verre spécialement conçu peut le faire et c'est ce que nous avons cherché à réaliser.

Depuis un an nous avons fait fabriquer, selon les conceptions que nous venons de développer, un verre capable de filtrer, sinon en totalité, au moins en partie les bleus.

En résumé, le « cahier des charges » d'un tel verre doit :

- 1) Présenter un coefficient d'absorption modéré, de l'ordre de 15 à 20 %, afin de ne pas être une cause de gêne sous des éclairagements modestes (travail de bureau, télévision) ;
- 2) Arrêter la majeure partie des radiations bleues mais pas la totalité, afin de ne pas trop altérer l'appréciation des couleurs ;
- 3) Obtenir une teinte qui ne rebute pas l'utilisateur, et surtout l'utilisatrice soucieuse de l'esthétique.

De nombreux prototypes ont été faits et rejetés ; à l'heure actuelle, nous avons pu réaliser un verre de teinte agréable, d'un prix de revient normal, qui supprime les inconvénients de ces tubes et que l'on trouvera facilement dans le commerce.

Ainsi se trouvera donc résolu un irritant problème.

La fluorescence, procédé d'éclairage commode et à haut rendement, est une solution élégante qui nous amène vers l'idéale lumière froide ; la télévision est entrée dans les mœurs avec une extraordinaire rapidité, on ne fait qu'entrevoir ses immenses possibilités ; il serait dommage que leur essor soit entravé par quelques inconvénients auxquels, comme on le voit, on peut porter remède et qui ne sont d'ailleurs une gêne que pour une minorité.

N. B. — Le verre bifiltrant T.V.F. ayant fait l'objet de l'étude ci-dessus a été réalisé par la Société des Lunetiers.



