

SUR LA MYOPIE ET LE PRESBYTISME NOCTURNES

par J. PALACIOS

Professeur à l'Université de Madrid

(Septembre 1943)

Sur la myopie nocturne. Dans les travaux d'Otero et Durán, parus dans plusieurs numéros des «Anales de Física y Química de Madrid»; on étudie un phénomène qu'on a appelé *myopie nocturne*, et qui se produit de la manière suivante :

Quand on contemple un objet placé à l'infini avec l'illumination justement indispensable pour qu'on puisse le voir avec netteté, l'œil se comporte comme s'il avait une myopie de -2 dioptries relativement à la manière dont il se comporte avec une illumination parfaite.

Tout se passe comme si, dans la semi-obscurité, le système optique oculaire se modifiait en vue d'augmenter sa convergence, précisément comme si l'on avait placé devant lui une lentille convergente dont la puissance augmente quand la lumière diminue, et qui atteint les $+2$ dioptries quand on arrive à la limite de visibilité. De cette manière l'œil normal se transforme en myope et devrait utiliser des lentilles de correction de $-2D$, en même temps que l'œil hypermétrope voit son défaut allégé et celui qui était déjà myope pendant le jour se rend plus myope encore quand le crépuscule arrive. Ces prévisions se confirment de manière impressionnante quand on contemple le ciel étoilé à travers des lentilles de puissance variable.

Mr. Durán a consulté l'abondante littérature relative à l'Optique Physiologique et il n'a rencontré rien qui se rapporte à la myopie nocturne, avec la seule exception d'une observation faite par Piéron quand celui-ci agissait en qualité de médecin militaire pendant la guerre de 1914-18. Selon cette observation, mentionnée dans le «Traité d'Ophthalmologie» de Piéron, les soldats les plus habiles pour les découvertes nocturnes n'étaient pas ceux doués de vue normale, mais les hypermétropes avec

1 ou 2 dioptries. L'auteur se limite à la constatation du fait sans en déduire des conséquences ni chercher son explication. Avec la myopie nocturne l'explication est immédiate, parce que nous avons déjà vu qu'un œil hypermétrope avec $+2D$ se comporte comme émetrope à la lumière crépusculaire.

Différentes explications de la myopie nocturne. a) *L'hypothèse d'Otero et Durán*. Ceux qui ont découvert la myopie nocturne en ont, eux mêmes, donné au début une explication simple et convaincante. Le manque de lumière se traduit dans un agrandissement de la pupille, et il est tout-à-fait naturel de penser que tout se réduit au fait que dans l'obscurité on utilise des portions du cristallin plus grandes qu'en plein jour. En effet, si l'œil se comportait comme un système infra-correcté, sa distance focale se rendrait plus courte en vertu de l'aberration sphérique, au fur et à mesure que se dilate la pupille; les différentes zones formeraient leurs images dans des plans différents et, en supposant que l'image paraxiale se forme sur la rétine, toutes les autres se formeraient devant celle-ci, de sorte que l'œil devrait être myope, en acceptant qu'il utilisait une image intermédiaire entre toutes.

Cette explication était susceptible de confirmation expérimentelle. En effet il suffisait d'étudier l'aberration sphérique de l'œil accommodé à l'infini et vérifier s'il se comportait comme un système infra-correcté dans la quantité nécessaire pour expliquer la myopie nocturne. Les mesures réalisées avec le plus grand soin dans l'Instituto de Alonso de Santa Cruz ont donné un résultat franchement négatif, en accord avec celles qui ont été faites antérieurement par Ames et Proctor. On a utilisé pour cela des personnes avec la pupille dilatée par l'action de l'atropine, et on mettait devant celle-là des diaphragmes d'ouverture variable. Quand on utilise des faisceaux lumineux de petite section, l'œil atropinisé se présente infra-correcté, et il se produit une translation du plan de projection qui ne dépasse pas $1/2$ dioptrie; mais avec de grandes ouvertures l'œil se montre ultra-correcté, c'est-à-dire, il est le contraire de ce qu'il devait être pour que la myopie nocturne restât immédiatement expliquée. Avec ces résultats les auteurs ont crû avoir des raisons suffisantes pour abandonner l'hypothèse selon laquelle l'aberration sphérique était la cause du phénomène. Il faut remarquer, cependant, que leur déduction s'appuie sur l'hypothèse de que dans l'œil atropinisé le cristallin a la même forme, que quand il est à l'état normal et focalisé à l'infini.

Après cela Otero et Durán ont investigué si l'aberration chromatique était la cause de la myopie nocturne. Dans ce but ils ont employé des

lumières de couleurs différentes, obtenues avec les filtres de Zeiss, et ils ont observé que la myopie nocturne se produisait toujours mais en quantité variable. On obtient la vision nette avec la moindre quantité de lumière quand on place devant l'œil, approximativement, $-1,0D$ avec la lumière rouge (filtre L_I), $-2,0D$ avec la lumière jaune (filtre L_{II}) et $-3,0D$ avec la lumière bleue (filtre L_{III}). Par conséquent l'œil est myope pour toutes les couleurs quand la lumière est en petite quantité; et les variations relativement au jaune ne dépassent pas $1D$ dans les deux sens. Alors les auteurs concluent que l'aberration chromatique n'est pas, elle aussi, la cause de la myopie nocturne.

Après avoir rejeté les aberrations de sphéricité et d'achromatisme, les auteurs sont obligés d'admettre, par exclusion, que la myopie nocturne est due à «un état d'adaptation de l'œil à $-2D$ ». Si cette conclusion est correcte, ce qui se passe c'est qu'en absence du stimulant lumineux, le cristallin reste dans l'état de déformation correspondant à la distance de vision de 50 cm .

b) *Explication de Ronchi*. Le professeur Vasco Ronchi, président de l'Associazione Ottica Italiana; s'occupe de la myopie nocturne dans le numéro de Février de l'année courante de la revue «Ottica». Il rapporte que, pour confirmer la découverte, il a utilisé des jumelles de 7×100 , avec pupille de sortie de 7 mm de diamètre, et il a en premier lieu contemplé un paysage illuminé par la Lune en mettant les deux oculaires à 0 dioptries, qui est la focalisation optimale pour sa vue en plein jour. Dans ces circonstances la vision a été nette; cependant elle a été considérablement améliorée en modifiant la localisation, et atteignit une netteté particulièrement bonne quand il a mis $-2D$ dans les deux oculaires. Il a résumé ses impressions dans la phrase suivante: «L'expérience a été si claire, qu'elle ne laisse aucun doute en ce qui concerne l'existence de la myopie nocturne».

Ronchi considère suffisantes les raisons présentées par Otero et Durán pour ne pas prendre en considération l'aberration sphérique et, sans repousser l'hypothèse que l'accommodation intervienne, il pense qu'on doit chercher l'explication dans la combinaison de l'aberration chromatique avec le phénomène de Purkinje. Nous devons remarquer que le professeur italien ne connaissait pas, à ce moment les mesures effectuées par Otero et Durán, avec les filtres L de Zeiss, qui ont fait abandonner l'aberration chromatique comme cause de la myopie nocturne.

Voici comment Ronchi développe son idée. Bien que les mesures d'aberration chromatique dans l'œil n'aient pas donné des résultats concordants, l'on peut admettre que l'œil normal est émetrope pour le jaune, légèrement hypermétrope pour le rouge ($+1,5D$), et notable-

ment myope ($-3D$) pour le violet. D'autre part le phénomène de Purkinje fait qu'en lumière crépusculaire la sensibilité visuelle la plus grande correspond au bleu-indigo. De cette sorte, la refraction de l'œil accommodé à l'infini, qui est capable de porter sur la rétine le foyer des rayons jaunes, est excessive pour les rayons bleus dont le foyer est devant la rétine; et comme le phénomène de Purkinje fait que ce soient ces rayons-ci ceux qu'on utilise dans la vision crépusculaire, l'œil se rend myope dans ces circonstances.

L'assertion de Ronchi, selon laquelle l'ensemble de l'aberration chromatique et du phénomène de Purkinje fait que l'œil se rend myope dans l'obscurité est évidemment correcte. Cependant nous démontrerons bientôt qu'à côté de la myopie nocturne, on déduit des expériences de Otero et Durán d'autres conséquences encore, et que celles-ci ne peuvent pas être expliquées seulement avec le mécanisme proposé par Ronchi.

c) *Opinion de A. Kühn*. La «Gesellschaft zur Förderung des Optischen Instituts» de l'École Technique Supérieure de Berlin s'est occupée récemment de la myopie nocturne; nous connaissons le contenu par une longue lettre adressée par le Dr. W. Stipa à Mr. Otero. Dans la discussion, les représentants de la maison Buchs, le Directeur Martin et le Dr. Flügge, ont dit qu'ils avaient déjà remarqué la variation de la focalisation optimum dans les oculaires quand la nuit approche, ayant rencontré des variations entre $-0,5$ et $1,5$ dioptries. Le professeur A. Kühn, de Jena, a adopté une opinion sceptique, et a déclaré ce qui suit:

«On ne me fera pas croire avec facilité dans la myopie nocturne. Au contraire je suis de l'opinion que l'œil s'accorde pour évaluer le contraste optimum; et il y a des raisons pour que celui-ci coïncide, non avec le foyer parfait, mais avec un autre dans lequel les lignes se présentent un peu diffuses; alors le contraste est plus grand que quand l'image est bien focalisée et l'objet visé sera perceptible avec plus de facilité».

Voici une nouvelle hypothèse, séduisante par sa simplicité, selon laquelle il faut une petite défocalisation pour apercevoir les objets quand il y a peu de lumière. Pourtant l'on peut réfuter l'opinion du professeur Kühn avec la seule observation que la défocalisation mentionnée peut être obtenue en tournant dans l'un ou l'autre sens les oculaires des jumelles et, cependant, tout le monde est d'accord que l'amélioration, dans la vision crépusculaire, s'obtient quand la défocalisation s'effectue précisément dans le sens des dioptries négatives, comme il convient à un œil myope.

Sur l'existence, en plus de la myopie nocturne, d'une presbytie nocturne. Voici que Ronchi d'une part, et Otero et Durán d'autre arrivent à des conclusions contradictoires en se basant dans les mêmes expériences. Ce fait nous donne du courage pour présenter notre opinion sur la myopie nocturne en nous appuyant dans l'étude minutieuse des résultats expérimentaux d'Otero et Durán avec lesquels nous pourrions, peut-être, résoudre le problème, et, à la fois, présenter le phénomène dans toute son ampleur.

Otero et Durán ont utilisé le diaphanomètre de Ronchi, qui est un instrument destiné à mesurer le rendement optique des lunettes quand on suppose que l'œil en fait partie. Dans la forme employée par Otero et Durán l'appareil est constitué par un colimateur et par une lunette dont le foyer se détermine avec une échelle en dioptries placée dans l'oculaire. Le colimateur donne du test placé au foyer une image à l'infini qu'on observe avec la lunette ; le rôle de celle-ci consiste dans la formation d'une autre image dont la distance varie avec la focalisation. Quand l'échelle de la lunette indique 0 dioptries, tout se passe comme si on avait placé le test à l'infini et l'on aurait regardé directement avec un angle visuel qui dépend de l'amplification angulaire de la lunette. Une focalisation de $-2D$, par exemple, équivaut à l'emplacement du test à un $1/2$ mètre de l'œil, comme il convient à un œil myope dont le *punctum remotum* se trouve à cette distance.

Quand on focalise dans l'échelle des dioptries positives, tout se passe comme s'il y avait un objet virtuel placé derrière l'œil, où se trouve le *punctum remotum* d'un œil hypermétrope.

Otero et Durán ont utilisé un test formé par deux lignes perpendiculaires très fines, et leur méthode de mesure consistait à mettre l'oculaire dans une focalisation déterminée et à diminuer l'éclat jusqu'à ce que le test n'était plus visible (minimum visible). En prenant comme ordonnée la focalisation de la lunette exprimée en dioptries et comme abscisse la valeur limite correspondante de l'éclat mesuré en asb, on obtient des courbes qui ont l'aspect de celle qu'on représente dans la fig. 1. À 0 dioptries correspondent 0,05 asb comme limite de l'éclat parce qu'au-dessus de cette valeur on ne voit plus le test. Avec $-1D$ la limite se réduit à un peu plus de 0,02 asb et ensuite, en augmentant plus encore la divergence du système, c'est-à-dire, en diminuant progressivement la longueur de la lunette, la limite de l'éclat croît. La courbe qu'on obtient de cette manière, divise le plan de représentation en deux régions : dans celle de gauche on ne voit pas le test par défaut de lumière ; la région à la droite est la *région de visibilité*.

Étant donné que l'image du test produite par le colimateur se trouve

dans l'infini, il suffit d'appliquer la formule des lentilles pour se convaincre que l'échelle en dioptries de l'oculaire mesure l'inverse de la distance entre l'œil et l'image définitive produite par la lunette, comptée positivement quand l'image est placée devant l'œil. Nous avons mis dans la figure, à côté de l'échelle en dioptries, l'échelle des distances en mètres.

On sait que dans les instruments optiques, quand on néglige les pertes par absorption et par réflexion, l'image a le même éclat que

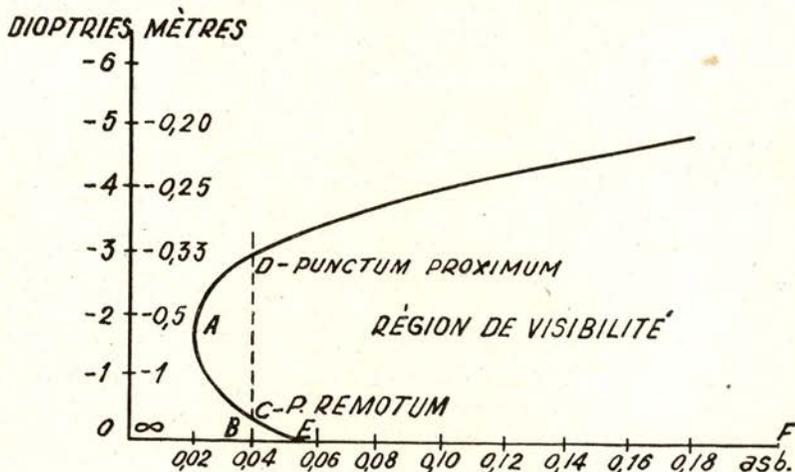


Fig. 1 — Courbe de la limite d'éclat.

l'objet. Donc, tout se passe dans le diaphanomètre comme si l'on observait à l'œil un des objets avec l'éclat indiqué dans les abscisses de la figure, et mis à la distance marquée sur l'échelle des ordonnées, mais avec la condition qu'on les voit tous sous le même diamètre apparent.

Supposons maintenant qu'on maintient constante l'illumination du test, de sorte que l'éclat soit constant, par exemple 0,04 asb. Un objet placé à l'infini (point B) sera invisible parce qu'il se rencontre en dehors de la région de visibilité. Pour qu'on le voit, nous devons l'approcher de nous jusqu'à la position correspondante au point C ($-1/2 D$, c'est-à-dire 2 mètres) d'où l'on déduit la conséquence que, pour un œil normal, le *punctum remotum* qui était à l'infini quand l'éclat était égal ou supérieur à 0,05 asb, s'est rapproché jusqu'à 2 mètres quand on diminue l'éclat jusqu'à 0,04 asb. Si l'on rapproche l'objet encore plus il pénètre dans la région de visibilité et nous le verrons jusqu'au point D ($-3,3 D$, qui correspondent à 33 cm); pour les distances encore

plus petites la vision est impossible parce que l'objet est placé en dehors de la région de visibilité. Le point D correspond, par conséquent au *punctum proximum*. En résumant: chaque ligne parallèle à l'axe des ordonnées coupe la courbe de la limite de l'éclat en deux points: le supérieur est le *punctum proximum* et l'inférieur le *punctum remotum*. La distance entre les deux, mesure, comme on sait, le pouvoir d'accommodation.

Les considérations précédentes, qui pourraient, peut-être, paraître triviales, nous permettent déduire des mesures d'Otero et Durán la conséquence suivante :

Au fur et à mesure que décroît l'éclat, décroît aussi le pouvoir d'accommodation jusqu'à l'annihilation quand on atteint la limite de visibilité. Comme la perte totale ou partielle du pouvoir d'accommodation se dénomine presbytie, nous pouvons dire que *l'œil se rend presbyte dans obscurité.*

Tous ceux qui se sont occupés de la myopie nocturne ont été attirés par la branche F E C A de la courbe de la limite d'éclat; cette branche montre que le *punctum remotum* se rapproche graduellement au fur et à mesure que manque la lumière, ce qui est un des symptômes de la myopie. Mais la myopie simple consiste dans un excès de convergence du cristallin sans perte du pouvoir d'accommodation, ce qui se traduit par un rapprochement aussi bien du *punctum proximum* que du *punctum remotum*. Dans la vision nocturne il y a, par conséquent, une myopie combinée avec une presbytie.

En regardant la courbe complète on voit que quand la lumière décroît, le *punctum remotum* rapproche et le *punctum proximum* s'éloigne jusqu'à ce que les deux coïncident en un seul point situé à $-2D$ (50 cm) de l'œil.

Sur les courbes de la limite d'illumination. Les mesures d'Otero et Durán ont été faites avec des illuminations très petites ce qui n'a pas permis de tracer complètement la courbe qui limite la région de visibilité; cependant nous pouvons prédire la forme de la courbe complète avec de grandes probabilités de réussite.

Un œil normal ne peut pas être focalisé à l'infini quand il regarde à travers une lentille convergente, ce qui signifie que la branche inférieure de sa courbe ne peut pas passer au dessous de l'axe des abscisses mais doit se prolonger en suivant cet axe, le plus vraisemblable étant que l'union entre la partie courbe et la partie rectiligne se fait par tangence et non par point anguleux. En ce qui concerne l'autre

branche, l'on doit espérer qu'elle continue à monter monotoniquement jusqu'à ce que le pouvoir d'accommodation atteigne la valeur correspondante à l'œil normal en plein jour (par exemple 10 dioptries, qui correspondent à un *punctum proximum* placé à 10 cm). Par conséquent les courbes complètes de la limite d'éclat en fonction de la distance devront avoir l'allure représentée schématiquement dans la fig. 2, dans laquelle nous avons tracé aussi les courbes qui, probablement, correspondent à un œil myope et à un œil hypermétrope qui conserveraient intact leur

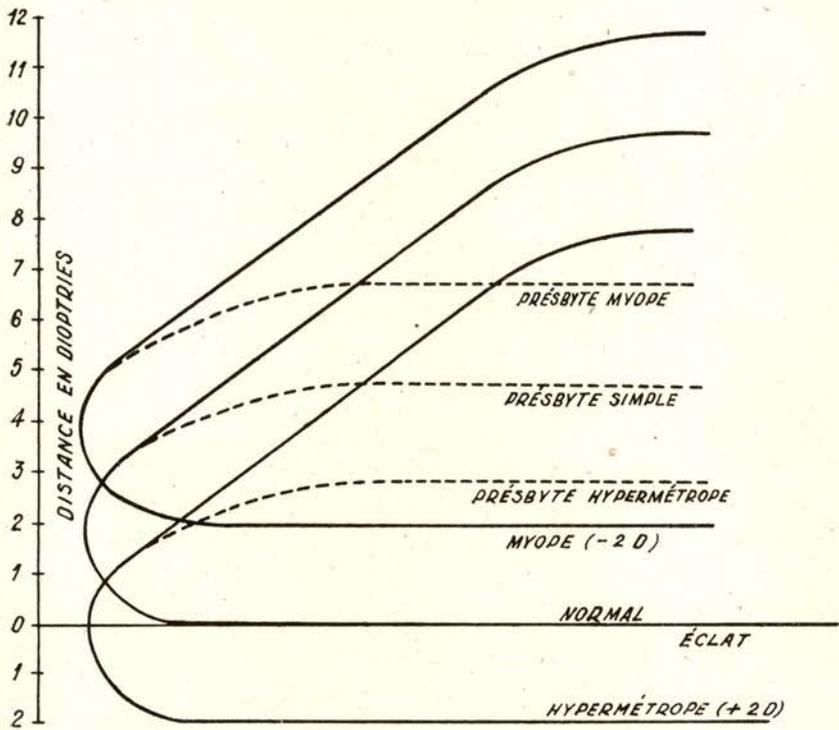


Fig. 2—Courbes complètes de la limite d'éclat hypermétrope pour différents cas typiques (schématiques).

pouvoir d'accommodation avec la lumière diurne. Dans les individus présbytes la branche de la courbe située au-dessous de la limite minimum A, se conservera inaltérée, mais la branche supérieure descendra de la quantité correspondante à la perte du pouvoir d'accommodation, comme on indique avec les lignes pointillées.

Sur l'action de l'atropine. On accepte généralement que les midriatiques paralysent le mécanisme de l'accommodation. Mais, s'il en était

ainsi, les deux branches de la courbe de la limite d'éclat devraient s'ajouter pour former une courbe unique, et la visibilité ne serait possible que pour une distance déterminée qui pourrait être constante ou variable avec l'illumination. Les expériences d'Otero et Durán, d'après notre interprétation, démontrent conclusivement que cela n'a pas lieu. Comme on voit dans la fig. 3, l'atropine fait descendre la courbe, les deux branches respectives conservant la même séparation. *L'atropine produit donc une hypermétropie transitoire, d'une ou deux dioptries sans altération du pouvoir d'accommodation.* Tout mène à croire que cette

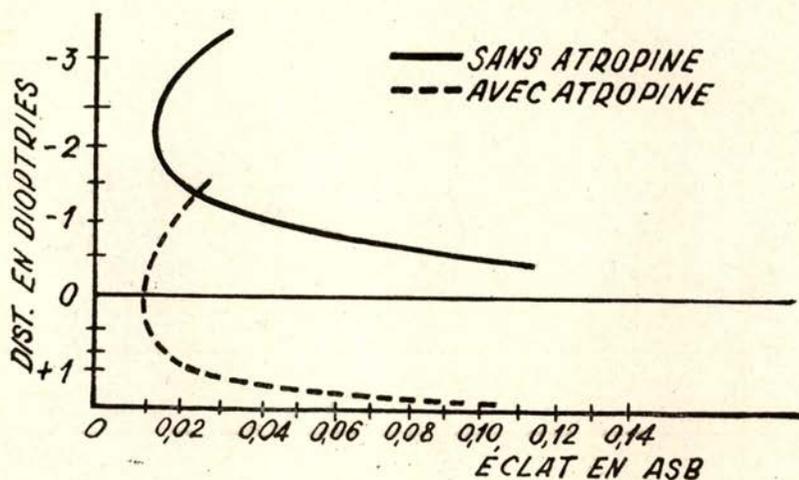


Fig. 3 — Une personne myope se rend hypermétrope par l'action de l'atropine mais elle conserve son pouvoir d'accommodation.

hypermétropie provient d'une altération du cristallin, qui diminue de 2 dioptries sa convergence. Évidemment cette conclusion aura une importance très grande en Ophthalmologie.

L'interprétation qu'Otero et Durán ont donné de ces expériences s'appuie dans la conviction que l'atropine n'altère pas la forme et la structure du cristallin et paralyse le mécanisme de l'accommodation. Si notre point de vue est correct, c'est justement le contraire qu'a lieu et il faut faire une révision de leurs conclusions.

Révision des hypothèses relatives à la myopie nocturne. Ronchi a expliqué la myopie nocturne, c'est-à-dire, le rapprochement progressif du *punctum remotum* au fur et à mesure que fait défaut la lumière, en combinant l'aberration chromatique avec le phénomène de Purkinje.

Cette explication, aussi simple qu'ingénieuse, ne supporte pas l'épreuve expérimentelle. En effet, Otero et Durán ont déterminé les courbes de

la limite d'éclat en utilisant une lumière monochromatique dans toute la région du spectre visible, obtenue avec les filtres S de Zeiss, pour l'œil normal et pour l'œil atropinisé. L'examen de toutes les courbes nous indique immédiatement que *la myopie nocturne se présente aussi en lumière monochromatique*. Avec le filtre S-75, qui correspond à l'extrémité rouge du spectre, le *punctum remotum* de l'œil sans atropine se rapproche jusqu'à $-1,5$ D (0,67 m) quand la lumière fait défaut, fig. 4, ce qui ne peut pas être attribué ni à l'aberration chromatique ni au phénomène de Purkinje.

Selon Otero et Durán, l'explication de la myopie nocturne doit être

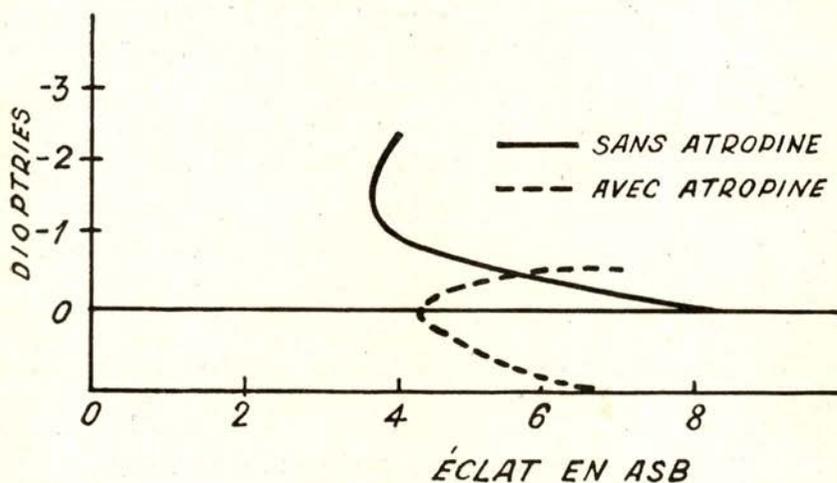


Fig. 4—La myopie nocturne s'observe aussi en lumière monochromatique.

cherchée dans le mécanisme d'accommodation. En plein jour l'œil non accommodé est focalisé à l'infini et, au fur et à mesure que fait défaut la lumière, l'œil reste accommodé à des distances de plus en plus courtes. Nous avons vu, cependant, que le défaut de lumière paralyse l'accommodation. L'hypothèse de l'accommodation se heurte aussi contre l'objection suivante faite par Stipa :

«Des graphiques d'Otero et Durán résulte que l'aberration sphérique de l'œil ne peut pas transporter le plan de projection de plus de $1/2$ D quand l'œil est accommodé pour l'infini. On est obligé d'admettre que dans l'accommodation à 50 cm l'œil possède une aberration sphérique telle que le plan de projection souffre une translation de 2D quand on passe de la vision diurne (pupille de 4 mm de diamètre) à la vision crépusculaire (pupille de 8 mm de diamètre). Si ce n'était pas le cas on devrait admettre qu'aussi bien avec de la lumière du jour qu'avec de la

lumière crépusculaire on obtiendrait le maximum d'acuité visuelle en plaçant les jumelles avec la même focalisation».

Nous supposons que la clef du mystère se rencontre immédiatement quand on considère qu'Otero et Durán ont rejeté l'aberration sphérique comme cause de la myopie nocturne en s'appuyant dans le fait que les yeux atropinisés se comportent comme des systèmes ultra-correctés et en concluant que quand les dimensions de la pupille augmentent l'œil doit se rendre, non myope, mais hypermétrope. Les mêmes auteurs, en se basant dans l'opinion des ophtalmologistes, ont admis que le cristallin n'est pas modifié par l'atropine et en ont déduit que l'œil normal focalisé à l'infini est aussi un système ultra-correcté, ce qui oblige à ne pas considérer l'aberration sphérique comme étant responsable de la myopie nocturne.

Cependant, en nous appuyant dans les mêmes expériences d'Otero et Durán, nous avons démontré que l'atropine modifie le cristallin et rend l'œil hypermétrope. L'ultra-correction rencontrée par Otero et Durán doit, donc, être attribuée à l'atropine, et alors il n'y a pas de raison pour nier que l'aberration sphérique n'intervienne dans le rapprochement du *punctum remotum*.

D'autre part nous avons vu que l'œil perd dans l'obscurité la faculté d'accommodation et il est naturel de penser que le cristallin possède alors ce qu'on peut appeler sa forme naturelle. Par conséquent, si le cristallin possède dans le minimum A de la limite d'éclat (fig. 1) ce que nous avons appelé sa forme naturelle, et si la même chose se vérifie quand il regarde l'infini en plein jour (portion EF de la courbe), il semble plausible d'admettre que cela arrive encore entre les points A et E. C'est-à-dire, à notre avis le cristallin conserve sa forme naturelle dans toute la branche AEF de la courbe de limite d'éclat (branche correspondante au *punctum remotum*); dans celle-ci il n'y a pas d'accommodation.

D'après ces considérations nous pouvons résumer notre point de vue de la manière suivante :

Quand le cristallin possède sa forme naturelle et travaille en pleine ouverture, il focalise sur la rétine un objet situé à 50 cm et illuminé avec la lumière qui, en vertu du phénomène de Purkinje, produit la sensibilité maximum avec le minimum d'éclat; si l'on ferme la pupille on focalisera un objet situé dans l'infini et illuminé avec de la lumière rouge-jaune.

Par conséquent dans le rapprochement du *punctum remotum* intervient l'aberration sphérique, et aussi, comme Ronchi le suppose, l'aber-