gressive, continue, mais offrent ordinairement des disparitions et des réapparitions alternatives. On observe encore que si, après avoir contemplé un objet coloré, on ferme les yeux rapidement en les abritant aussi parfaitement que possible de toute lumière, les images accidentelles n'en apparaissent pas moins.

Plusieurs théories ont été proposées pour expliquer le phénomène des couleurs accidentelles. Darwin a proposé l'explication suivante :

1° La partie de la rétine fatiguée par une couleur est devenue insensible aux rayons de cette couleur, et n'est plus impressionnée que par sa couleur complémentaire;

2° Cette partie de la rétine prend *spontanément* un mode d'action *opposé* qui produit la sensation de la couleur complémentaire.

Mais la première proposition n'explique pas le fait ci-dessus, que les couleurs accidentelles apparaissent même dans l'obscurité; et la seconde n'est que l'énoncé même du phénomène des images accidentelles.

559. **Irradiation.** — L'*irradiation* est un phénomène par lequel les objets blancs ou d'une couleur très vive, vus sur un fond obscur, paraissent avec des dimensions plus grandes que celles qui leur sont propres. L'inverse a lieu pour un corps noir vu sur un fond blanc.

L'effet de l'irradiation est très sensible sur la grandeur apparente des astres, qui peuvent ainsi paraître plusieurs fois plus grands qu'ils ne le sont réellement.

D'après les recherches de Plateau, l'irradiation varie considérablement d'une personne à une autre, et même d'un jour à l'autre pour une même personne. Ce savant a constaté, en outre, que l'irradiation croît avec l'éclat de l'objet et la durée de la contemplation. Enfin elle se manifeste à toutes les distances.

560. **Auréoles accidentelles, contraste des couleurs.** — On nomme *auréoles accidentelles* des couleurs qui, au lieu de succéder à l'impression d'un objet comme les couleurs accidentelles, apparaissent autour de l'objet lui-même lorsqu'on le regarde fixement. L'impression de l'auréole est opposée à celle de l'objet, c'est-à-dire que, si celui-ci se détache en clair, l'auréole est obscure; elle est claire, si l'objet est obscur.

Le *contraste des couleurs* est une réaction réciproque entre deux couleurs voisines, en vertu de laquelle chacune d'elles s'ajoute à la couleur complémentaire de l'autre. Ce contraste a été observé par M. Chevreul, qui en a fait une étude approfondie et en a donné la loi. C'est par l'influence réciproque des auréoles accidentelles que s'explique le contraste des couleurs.

M. Chevreul a trouvé que, les couleurs rouge et orangé étant juxtaposées, le rouge tire sur le violet, et l'orangé sur le jaune. Avec le rouge et le bleu, la première couleur tire sur le jaune et la seconde sur le vert; avec le jaune et le bleu, le jaune passe à l'orangé et le bleu à l'indigo; et ainsi de suite pour un grand nombre de combinaisons. On conçoit combien il importe, dans la fabrication des étoffes, des tapis, de savoir apprécier l'effet dû au contraste des couleurs.

561. **Aberrations de réfrangibilité de l'œil.** — On a longtemps attribué à l'œil humain un achromatisme parfait; mais cette opinion ne peut plus être admise depuis les expériences de Wollaston, de Young, de Fraünhofer et de Müller.

Expérience de Fraünhofer. — Fraünhofer a observé que, dans une lunette à deux verres, un fil très fin, placé à l'intérieur de l'instrument, au foyer de l'objectif, est vu distinctement au travers de l'oculaire, lorsque la lunette est éclairée obliquement avec de la lumière rouge, mais que le fil cesse d'être visible si l'on éclaire la lunette avec de la lumière violette, l'oculaire étant resté dans la même position. Or on remarque que, pour faire réapparaître le fil, il faut diminuer la distance des lentilles beaucoup plus que ne l'indique le degré de réfrangibilité de la lumière violette dans le verre. Il faut donc admettre que, dans cette expérience, il y a un effet dû à l'aberration de réfrangibilité de l'œil.

Expérience de Müller. — Müller, de son côté, en contemplant avec un seul œil un disque blanc placé sur un fond noir, a trouvé que l'image est pure quand l'œil est accommodé à la distance du disque, c'est-à-dire que l'image vient se faire sur la rétine; mais il a observé que si l'œil n'est pas accommodé à cette distance, c'est-à-dire si l'image se fait en avant ou en arrière de la rétine, le disque paraît entouré d'une bande bleue très étroite

En réalité, le *chromatisme* de l'œil est peu sensible. M. Helmholtz a parfaitement démontré que cela tient, en grande partie, à la faible impressionnabilité de l'œil pour les rayons extrêmes du spectre.

Aberration de sphéricité. — Quant à l'aberration de sphéricité, on a déjà vu comment elle est atténuée par l'iris (548), véritable diaphragme arrêtant les rayons marginaux qui tendent à traverser le cristallin, et ne laissant passer que les plus rapprochés de l'axe.

562. **Distance de la vue distincte.** — On appelle *distance de la vue* ou *de la vision distincte* la distance à laquelle les objets doivent être placés pour être vus nettement. Si le pouvoir réfringent de l'œil était invariable, il n'y aurait qu'une seule distance pour laquelle les objets extérieurs viendraient former une image nette sur l'écran rétinien : il n'y aurait donc, pour chaque individu, qu'une *seule distance de la vision distincte*. Cependant l'expérience prouve que l'œil peut *voir nettement* à des distances très variables, à partir d'une distance minimum, qu'on doit appeler *punctum proximum* et qu'on appelle communément *distance de la vision distincte*. Elle est variable avec les individus, et souvent, pour le même individu, d'un œil à l'autre. Pour de petits objets, comme des caractères d'imprimerie, elle varie, pour un œil normal, de 15 à 30 centimètres.

Toutefois, si nous pouvons voir nettement à des distances très inégales, nous ne le pouvons pas simultanément. En effet, si l'on regarde à travers un voile de gaze, placé à 20 ou à 30 centimètres de l'œil, on peut voir nettement, au choix, mais successivement, soit le voile, soit les objets éloignés. Donc, quand l'œil est disposé pour voir à une certaine distance, il ne l'est pas pour voir à une autre, mais il peut successivement s'adapter à l'une et à l'autre.

563. **Accommodation.** — Cette *adaptation de l'œil* à des distances variables ne peut se faire que par une sorte de mise au point spontanée de l'écran rétinien par rapport aux objets extérieurs diversement éloignés. Or la distance du fond de l'œil, c'est-à-dire de l'écran, au cristallin, étant constante, la mise au point ne peut s'effectuer que par une modification dans le pouvoir réfringent du système dioptrique de l'œil. Cette mise au point *spontanée* est ce qu'on appelle l'*accommodation*. Elle consiste en une augmentation de convexité du cristallin, produite par la contraction des

procès ciliaires, muscles qui l'embrassent circulairement. Le cristallin devient d'autant plus bombé que le muscle ciliaire se contracte davantage. Quand le muscle est extrêmement relâché, l'action réfringente du cristallin est faible ; elle atteint son maximum en même temps que la contraction du muscle [1].

564. **Vue normale. — Œil emmétrope.** — Un œil est dit *emmétrope* (ἐν μέτρον, conforme à la mesure, et ὤψ, œil) lorsqu'il est doué d'une vue *normale*. Les dimensions de son appareil dioptrique sont telles, que les objets lointains viennent se peindre nettement sur la rétine, lorsque le muscle de l'accommodation est au repos. L'image des objets plus ou moins voisins ne s'y fait nettement que grâce à un *effort d'accommodation* plus ou moins grand, qui donne au cristallin le pouvoir convergent nécessaire pour la mise au point.

Le *punctum remotum*, c'est-à-dire le point le plus éloigné de la vision distincte, est *à l'infini* pour un œil emmétrope. Dans la pratique, la distance des objets visibles est limitée par la nécessité de produire sur la rétine des images qui ne soient ni trop petites, ni trop faibles pour impressionner le nerf optique : leur distance maximum dépend donc à la fois de leur grandeur et de leur éclat. Quant au *punctum proximum*, il ne dépend que de la force accommodatrice dont l'œil peut disposer : il est d'autant plus près que le cristallin est plus souple et le muscle ciliaire plus fort. Le docteur Javal a donné le nom, devenu classique, de *parcours de l'accommodation* à la distance qui sépare le *punctum proximum* du *punctum remotum*.

Quand on reste dans les limites du parcours de l'accommodation, la visibilité des objets, pour un œil emmétrope, dépend du rapport de leur grandeur à leur distance. L'œil qui peut distinguer des lettres de 1/4 de millimètre à la distance de 25 centimètres, lira aussi bien des lettres de 1 centimètre à 10 mètres et des lettres de 1 mètre de haut à 1 kilomètre. Mais au delà du *punctum remotum* et en deçà du *punctum proximum* cette règle de la visibilité ne s'applique plus. Ainsi, ce même œil emmétrope ne lira pas de lettres de 1/10 de millimètre, parce qu'il faudrait les rapprocher à 10 centimètres, c'est-à-dire en deçà du *punctum proximum* normal.

565. **Presbytie. — Besicles ou lunettes à verres convexes.** — Avec les progrès de l'âge, le cristallin devient moins souple et les muscles ciliaires moins forts. Il en résulte que la force d'accommodation de l'œil diminue et que le *punctum proximum* s'éloigne.

1. Dr Javal, Sur les maladies de l'œil, *Revue Scientifique* du 27 septembr 1879.

Cet écart s'effectue graduellement et atteint, vers l'âge de quarante à quarante-cinq ans une valeur telle, que les objets tenus à la main se trouvent placés en deçà du *punctum proximum*. A ce moment, l'œil emmétrope est devenu un *œil presbyte*. Cette infirmité de l'œil est la *presbytie*.

On remédie à la presbytie, ainsi qu'aux autres infirmités de l'œil, au moyen de simples verres oculaires, appelés vulgairement *lunettes* ou proprement *besicles*. Les verres de lunettes sont généralement fabriqués en crown-glass. Ils sont *convexes* ou *concaves* et ordinairement *sphériques ;* cependant on en construit depuis quelque temps de *cylindriques*. On inscrit sur ces verres des numéros qui indiquent, en *pouces*, le rayon de courbure de leur surface. Pour les verres en crown, par suite de la valeur de l'indice moyen qui est $\frac{3}{2}$, le rayon de courbure est exprimé par le même nombre que la distance focale principale. On peut donc dire qu'un verre en crown n° 20 est un verre de 20 pouces de foyer ou de 20 pouces de courbure.

On emploie pour les presbytes des *besicles à verres convexes*. En effet, la convexité du verre vient s'ajouter à celle du cristallin de manière à corriger le défaut de pouvoir convergent, et le *punctum proximum* est rapproché suffisamment pour permettre la lecture, si les verres sont convenablement choisis.

Mais ce remède n'est pas sans inconvénients, car tout le parcours de l'accommodation se trouve déplacé en même temps, et le *punctum remotum* est rapproché en même temps que le *punctum proximum :* aussi le presbyte ne peut-il plus voir nettement les objets lointains à travers ses lunettes : il est obligé de regarder par-dessus.

Il y a une connexité remarquable entre l'âge du presbyte et le degré de la presbytie. En effet, on peut déduire, à trois ou quatre ans près, l'âge d'un individu *emmétrope* de la distance de son *punctum proximum*. De plus, les divers numéros de verres convexes, 48, 24, 16, 12, 10, correspondent généralement aux âges de 48, 54, 60, 66, 72 et 78 ans.

566. **Myopie. — Besicles ou lunettes à verres concaves.** — L'*œil myope* est caractérisé anatomiquement par un diamètre antéro-postérieur plus grand que celui de l'œil emmétrope. Il résulte de cet allongement plus ou moins exagéré de l'organe une réduction plus ou moins forte du parcours de l'accommodation : le *punctum remotum* n'est plus à l'infini, mais à une distance plus ou moins faible, et le *punctum proximum* est beaucoup plus voisin de l'œil myope que d'un œil emmétrope du même âge. M. Javal appelle

myopie légère celle où le *punctum remotum* est au delà de 33 centimètres, *myopie moyenne* celle où il est compris entre 33 centimètres et 10 centimètres, et *myopie forte* celle où la distance maximum de la vision distincte est inférieure à 10 centimètres.

L'écran rétinien étant à une distance plus grande de l'appareil dioptrique de l'œil, l'image nette des objets éloignés doit se former en avant de la rétine; tout se passe comme si l'œil avait un excès de pouvoir convergent. On comprend donc qu'on puisse corriger cette infirmité par l'usage de besicles *à verres concaves*, qui diminuent la convergence des faisceaux lumineux pénétrant dans l'œil, et leur permettent d'aller former leurs foyers sur la rétine.

La myopie n'est pas, comme la presbytie, une simple infirmité se développant avec l'âge, d'une manière régulière et pour ainsi dire indépendante de l'usage des besicles. C'est une *maladie de l'œil*, d'autant plus dangereuse qu'elle se développe lentement, sans douleur, et *progressivement* lorsqu'on n'en prend pas soin, jusqu'à ce que l'allongement graduel du globe oculaire et la distension de la rétine qui en résulte, suppriment la perception des images nettes, pour les objets rapprochés aussi bien que pour les objets lointains.

Remarquons en outre que les personnes affectées de myopie légère peuvent devenir presbytes. Il suffit pour cela que leur *punctum proximum* aille rejoindre leur *punctum remotum*, lequel n'est distant que de 33 centimètres environ. Cela peut arriver naturellement, avec les années, par suite d'une diminution graduelle dans le parcours de l'accommodation. Dans ce cas, la vision nette des objets très rapprochés ne pourra être obtenue qu'à l'aide de verres convexes.

567. **Hypermétropie.** — C'est une infirmité causée par une déformation anatomique exactement opposée à celle qui constitue la myopie : l'*œil hypermétrope* est plus court que l'*œil emmétrope*. Il en résulte une réduction du parcours d'accommodation, non pour les points éloignés de l'œil comme dans la myopie, mais pour les points voisins : le *punctum proximum* se trouve plus ou moins reculé, suivant le degré de l'hypermétropie. La vision des objets éloignés reste donc parfaitement nette, de sorte que l'infirmité peut passer inaperçue lorsqu'elle est faible. Les personnes légèrement hypermétropes en sont quittes pour devenir presbytes un peu plus tôt que les emmétropes et pour faire usage de verres convexes un peu plus forts que les verres suffisants pour les emmétropes du même âge. L'hypermétropie, plus ou moins forte, est d'ailleurs parfaitement corrigée par l'usage des verres convexes, car ceux-ci, en rendant plus convergents les rayons lumineux

émanés des objets voisins, leur permettent d'aller faire leur image sur l'écran rétinien.

568. **Astigmatisme.** — C'est le défaut de l'œil à la fois le plus fréquent et le moins connu. Chez toutes les personnes dont la vue est mauvaise ou délicate, chez tous les myopes qui ne voient pas parfaitement bien au loin malgré le secours des verres concaves, chez les presbytes qui ne parviennent pas à trouver des besicles convexes leur permettant de lire sans fatigue, il y a lieu de suspecter l'existence de l'*astigmatisme* [1]. Il faut encore le rechercher chez les personnes affectées de strabisme ou même d'une simple inégalité de force dans les deux yeux. Ce défaut se traduit encore bien souvent par du larmoiement, ou par des inflammations de la paupière ou de la conjonctive, qui sont rebelles à toute espèce de traitement.

La cause anatomique de l'astigmatisme est une *difformité du globe oculaire :* les milieux réfringents de l'œil astigmate, au lieu d'être des solides de révolution autour de son axe antéro-postérieur, sont assimilables à des fragments d'ellipsoïdes à axes inégaux.

La conséquence physiologique est la suivante. Supposons, par exemple, qu'un œil emmétrope subisse un léger aplatissement, de telle sorte que son diamètre vertical devienne plus petit que son diamètre horizontal : l'œil deviendra myope dans le méridien vertical, tout en restant emmétrope dans le méridien horizontal ; il verra donc parfaitement les lignes verticales éloignées, tandis que les lignes horizontales lui paraîtront moins nettes. Ce caractère de l'astigmatisme n'est pas absolu. Il peut arriver que le défaut soit assez fort chez certaines personnes pour affaiblir notablement la vue, sans qu'elles se soient jamais apercues de l'inégale netteté des lignes horizontales et des lignes verticales. M. Javal a démontré récemment que chez les jeunes gens en particulier le cristallin peut se déformer spontanément *de manière à compenser l'astigmatisme de la cornée*. Cette importante découverte explique pourquoi l'astigmatisme passe si souvent inaperçu, tout en étant une cause de fatigue considérable.

Besicles cylindriques. — Ophthalmomètre de Javal. — Il est évident qu'on ne peut remédier à cette infirmité avec des verres sphériques, les seuls que vendent ordinairement les opticiens, mais avec des verres qui agissent inégalement dans les différents méridiens de l'œil. L'astigmatisme, découvert par Thomas Young, a été corrigé pour la première fois par l'astronome Airy, au moyen de *verres cylindriques*.

Le docteur Javal a démontré que, si l'on assimile l'œil à un ellipsoïde à trois axes inégaux, tout verre cylindrique capable de ramener à l'égalité de réfringence les deux arcs situés dans le plan perpendiculaire à l'axe antéro-postérieur ramène en même temps tous les autres méridiens de l'œil au même pouvoir réfringent. La correction de l'astigmatisme se fera donc par l'emploi d'un *verre cylindrique approprié*. Ce problème est résolu avec précision et rapidité, du moins dans le cas de l'astigmatisme cornéen, à l'aide d'un ophthalmomètre inventé en 1881 par MM. Javal et Schiötz.

569. **Diplopie.** — La *diplopie* est une affection de l'œil qui fait qu'on voit les objets doubles, c'est-à-dire qu'on en voit *deux* au lieu d'*un*. La diplopie peut résulter d'une paralysie des muscles qui font mouvoir les yeux, par suite de laquelle les deux yeux cessent de converger vers le même point. Cette maladie peut aussi n'affecter qu'un seul des yeux. Ce dernier cas est dû à de l'astigmatisme irrégulier. Un seul œil peut être même affecté de *triplopie* ou de *polyopie*.

1. Dr Javal, *Des Maladies de l'œil*.

570. **Achromatopsie** ou **Daltonisme.** — On nomme *achromatopsie* une affection singulière qui nous rend incapables de juger des couleurs, ou du moins de certaines couleurs. Chez quelques personnes, en effet, l'insensibilité est complète, tandis que d'autres apprécient quelques couleurs. Les personnes atteintes de cette affection distinguent très bien les contours des corps, les parties claires ou dans l'ombre, mais elles n'en distinguent pas les teintes.

On désigne aussi l'achromatopsie sous le nom de *daltonisme*, parce que Dalton, qui a décrit avec soin cette infirmité, en était atteint.

571. **Ophthalmoscope.** — L'*Ophthalmoscope*[1] est un instrument destiné à examiner l'œil.

1° *Description.* — Il se compose : 1° d'un réflecteur sphérique concave M, de verre ou de métal (fig. 624 et 625), d'une distance focale de 20 à 25 centimè-

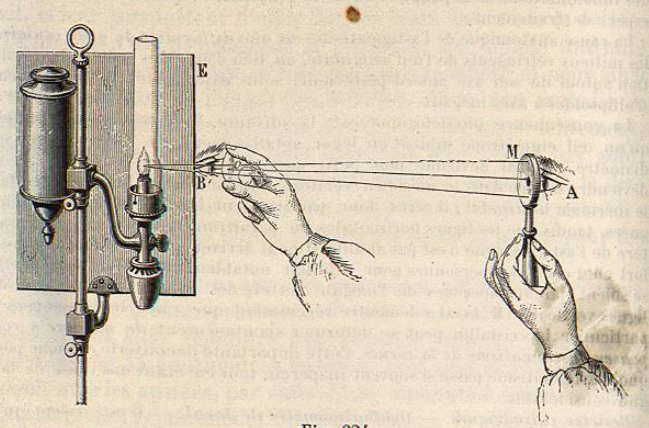

Fig. 624.

tres, et percé à son centre d'un trou de 2 millimètres de diamètre; 2° d'une lentille convergente achromatique *o*, qu'on maintient devant l'œil qu'on veut explorer; 3° de plusieurs lentilles, les unes divergentes, les autres convergentes,

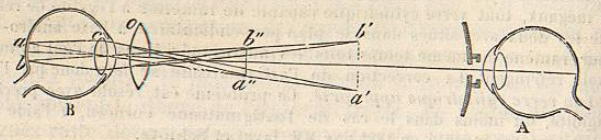

Fig. 625.

qu'on fixe par une pince derrière le miroir, afin de corriger au besoin la vue de l'observateur, s'il est myope ou presbyte. Le réflecteur M est percé d'un trou à son centre quand il est métallique; mais s'il est de verre, on enlève seulement à la partie centrale la couche de tain qui recouvre la face postérieure.

1. L'ophthalmoscope, inventé par M. Helmholtz, est décrit en détail dans son *Optique physiologique* : nous renvoyons à ce beau livre pour tout ce qui concerne la vision.

2° *Usage.* — Pour se servir de l'ophthalmoscope, on place le sujet dans une chambre obscure, et l'on met à côté de lui une lampe dont le pied porte un écran E, destiné à arrêter la lumière du côté de la tête du sujet et à la maintenir dans l'obscurité.

L'observateur, tenant alors d'une main le réflecteur M, le dirige de manière à concentrer vers l'œil B du sujet la lumière envoyée par la lampe, tandis que de l'autre main il maintient devant l'œil la lentille *o*. Par ce dispositif, le fond de l'œil se trouvant fortement éclairé, on en distingue très bien les lésions.

La figure 625 indique une expérience faite dans le cas d'un œil myope. Soit d'abord le cas où la lentille *o* n'est pas maintenue devant l'œil B : les rayons qui éclairent le fond de l'œil étant renvoyés vers le cristallin *c*, le traversent en se réfractant comme dans une lentille et vont former en *a'b'* une image aérienne, réelle et renversée de la partie *ab* du fond de l'œil. C'est cette image que l'observateur voit par le trou du miroir. Si l'on interpose la lentille *o*, les rayons se réfractant de nouveau en la traversant, l'image va se former en *a''b''*, plus près de l'œil malade et par suite, plus étendue et plus facile à observer.

CHAPITRE XII

NOTIONS D'OPTIQUE PHYSIQUE

—

DOUBLE RÉFRACTION. — INTERFÉRENCES. — POLARISATION.

DOUBLE RÉFRACTION.

572. **Définitions. — Préliminaires.** — On a déjà vu (438) que la *double réfraction* est la propriété que possèdent un grand nombre de cristaux, dits *biréfringents*, de donner deux rayons réfractés pour un seul rayon incident; d'où il résulte que lorsqu'on regarde un objet à travers un cristal biréfringent, on en voit une double image (fig. 626).

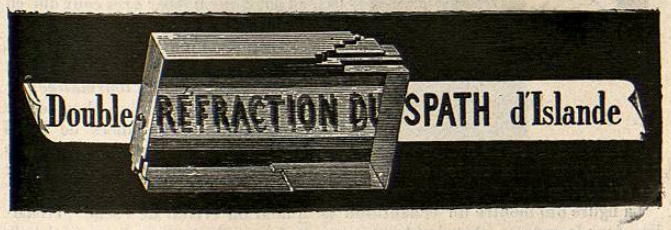

Fig. 626.

La double réfraction fut observée pour la première fois par Bartholin, en 1647; mais c'est Huygens qui le premier, en 1673, en donna une théorie complète.

Cette propriété s'observe, à des degrés inégaux, dans tous les cristaux qui n'appartiennent point au système cubique. Au contraire, tous les corps cristal-