on voit les lèvres et le nez servir aux mêmes usages (éléphant, cheval). Mais il y a loin entre ces organes et celui de la chauve-souris qui, avec ses vastes ailes, peut aisément palper l'air, juger de la liberté des passages et de la proximité des obstacles. Dans les oiseaux, la sensibilité tactile est peu développée, parce que leur corps n'offre guère de surface libre et dénuée de plumes qu'aux pattes et au bec où, en effet, le toucher s'exerce presque exclusivement. Beaucoup de reptiles n'ont pas d'organe spécial du toucher. Cependant les geckos ont ce sens assez développé. Chez les batraciens, il semble que la peau doit servir à toucher. On ne connaît qu'imparfaitement les organes du tact chez les poissons. D'après Dugès, chez les articulés qui ont une enveloppe cornée ou calcaire élastique et vibratile, le sens du toucher doit offrir un certain degré de développement. Chez les insectes et les arachnides, il existe des pois élastiques, raides et vibrants, dont les usages se rapportent à l'exercice du tact.

Chez les larves d'insectes, dans les annélides, la peau est plus flexible que dans les autres articulés; aussi jouit-elle d'une sensibilité plus vive. La chenille morte offre des poils qui, étant touchés même légèrement, font rouler l'animal sur lui-même. Les organes que l'on désigne sous le nom de palpes, d'antennes, et qui existent chez la plupart des vertébrés, ne sont nullement conformés pour palper, selon de Blainville, c'est-à-dire pour donner une idée de la forme des corps. D'après Dugès, ils servent à l'ingestion des aliments. La peau humide et souple des mollusques se montre aussi sensible que celle des batraciens et des annélides, là où elle n'est pas protégée par une coquille épaisse et tout à fait inorganique. Indépendamment de ce tact général, il y a sans doute exploration tactile chez tous ceux de ces animaux qui portent des expansions particulières de la peau, du corps, de la tête. Nul doute qu'il n'en soit ainsi des longs bras des céphalopodes. Les polypes et les hydres, les actinies, les holothuries ont aussi des appendices de ce genre. Enfin, quelques uns de ces animaux ont la peau nue, mince et le corps généralement sensible; mais on comprend qu'il y a loin des impressions qu'ils peuvent ressentir à celles qui sont procurées par un véritable organe de sens du toucher.

SECTION II.

Du sens de la vue, ou de la vision.

Définition. — Le sens de la vue est celui qui nous permet de percevoir les sensations de la lumière.

Nous apercevons les corps, nous prenons connaissance de leur volume, de leurs couleurs, de leurs mouvements, quoique souvent ils soient fort éloignés de nous; il faut donc qu'il y ait entre eux et notre ceil un agent intermédiaire. Cet agent, nous le nommons la lumière. De la lumière. — L'histoire de la lumière embrasse quatre parties: 1° l'optique; 2° la catoptrique; 3° la dioptrique; 4° la théorie de la lumière.

1° Optique. — Les sources de la lumière sont très nombreuses, voilà pourquoi nous ne sommes jamais dans une obscurité complète. Le soleil, les corps en ignition, les astres, sont autant de sources qui nous envoient des rayons lumineux.

Quant à la marche de la lumière, on suppose que d'un point lumineux s'élancent en divergeant des rayons; mais à mesure que la lumière s'éloigne de sa source, elle diminue d'intensité. Cette loi se formule ainsi: L'intensité de la lumière est en raison inverse du carré de la distance

La lumière se meut en ligne droite même après avoir subi le phénomène de la réfraction. Quand elle rencontre des corps opaques, il se fait derrière ces corps un espace obscur qu'on appelle ombre. La forme de l'ombre varie suivant la grandeur relative du corps éclairant et du corps éclairé, et suivant la position relative de ces corps. L'ombre n'est jamais complétement obscure, d'abord parce que les corps ambiants envoient toujours de la lumière, et ensuite parce que le corps éclairant ne représente jamais un point mathématique, ce qui fait que la délimitation de l'ombre n'est jamais nette. Les parties douteuses ont recu le nom de pénombre.

Chacun sait aujourd'hui que la lumière se meut avec une vitessa de 70,000 lieues par seconde. C'est dans l'éclipse des satellites de Jupiter que Roëmer et Cassini ont cherché la démonstration de ce fait important.

2° Catoptrique. — Lorsque après avoir traversé un milieu quelconque, la lumière rencontre un corps qui la repousse, on dit qu'il y a réflexion. Les lois de cette réflexion sont simples :

A. Le rayon incident et le rayon réfléchi se trouvent dans un même plan normal à la surface sur laquelle se réfléchit la lumière.

B. L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion.

3°Dioptrique.—Lorsque la lumière passe d'un milieu diaphane dans un autre milieu et qu'elle se dévie, on dit qu'il y réfraction. On donne le nom de milieu aux espaces traversés. Le point du corps par où pénètre la lumière s'appelle point d'immersion, celui par où elle sort s'appelle point d'émergence. Si la lumière tombe perpendiculairement sur un milieu diaphane, il n'y a pas de déviation. L'angle d'incidence se compte ordinairement à partir de la perpendiculaire élevée au point où tombe le rayon, et l'on nomme angle de réfraction l'espace angulaire compris entre le prolongement de la normale et la ligne suivant laquelle se dirige le rayon réfracté. Les lois de la réfraction se formulent ainsi:

A. Le plan de réfraction coïncide toujours avec le plan d'incidence.

B. Le rapport des sinus d'incidence et de réfraction est constant pour les mêmes milieux.

Réfraction de la lumière par les milieux terminés par des surfaces courbes. — Des lentilles. — Si le point lumineux se trouve placé au foyer, la rencontre des rayons ne se fait qu'à l'infini. S'il est compris entre le foyer principal et la lentille, les rayons, en sortant de cette dernière, sont divergents et le foyer devient virtuel. Enfin, si le point lumineux est situé sur l'axe à une distance moindre que l'infini et plus grande que la longueur focale principale, il y a formation d'un foyer réel qui s'éloigne d'autant plus de la lentille que le point lumineux s'en rapproche davantage.

Nous n'en dirons pas davantage sur ces principes de physique, et nous supposerons que le lecteur connaît la théorie de la formation des images à travers une lentille biconvexe et l'aberration de sphéricité.

4° Théories de la lumière. — Il existe deux théories: 1° celle de Descartes; 2° celle de Newton. Dans la première, la lumière serait produite par un mouvement communiqué à une matière subtile qui occuperait tout l'univers. Cette théorie a été modifiée par Euler, qui prétendait que les molécules de cet éther étaient élastiques. Mais elle a été abandonnée, quoique dans le langage on se serve encore des expressions, pinceaux, cônes, rayons lumineux. Dans la deuxième théorie, généralement acceptée, on suppose l'existence d'un éther qui entre en vibrations, lesquelles se propagent sous forme de sphères qui s'agrandissent indéfiniment, et l'on s'explique les couleurs par les variétés que peuvent avoir les ondes lumineuses.

De l'appareil de la vision. — Cet appareil, plus ou moins complexe chez les divers animaux, présente chez l'homme quatre parties principales dont l'étude doit être faite à part. Ce sont : 4° le globe oculaire; 2° le nerf optique; 3° les paupières; 4° les voies lacrymales. C'est là que l'on voit très bien l'application de cette loi développée par M. le professeur Denonvilliers, que dans tous les organes des sens, il y a un appareil fondamental, un appareil de perfectionnement et un appareil de protection.

De l'œil. — Avec Mueller nous allons envisager l'œil sous le double point de vue de l'optique et de la perception de la sensation lumineuse. En d'autres termes, nous décrirons d'abord les phénomènes physiques et ensuite les phénomènes vitaux.

Conditions optiques de l'œil. — Qu'on imagine, dit Longet, une surface douée d'organisation et de sensibilité, surface qui sera plane, concave ou convexe et dépourvue de tout appareil optique, propre à concentrer la lumière; il est évident qu'avec de telles ressources un animal n'arrivera jamais qu'à distinguer les ténèbres de la clarté. Aussi les annélides des genres nereis, sanguisuga, etc., qui présentent seulement de simples terminaisons du nerf optique, disposées avec plus ou moins de symétrie à la surface de leurs téguments et accompagnées de substances pigmentaires, doivent avoir un organe

visuel très imparfait. C'est là la vision réduite à son plus grand état de simplicité. Pour arriver à des notions plus exactes, il suffit que l'on mette en avant d'une membrane nerveuse un diaphragme percé d'un petit orifice et situé à une certaine distance de sa surface. La production d'images imparfaites, mais remarquables par leur mede de génération, peut être obtenue au moyen d'organes étudiés avec beaucoup de soin dans l'ouvrage de Mueller. Ces organes se réduisent à une membrane sentante, sorte d'épanouissement du ners optique. disposée sur une surface plus ou moins convexe. Cette membrane est elle-même tapissée dans toute son étendue par une série de petits prismes translucides à leur partie centrale, et isolés les uns des autres par une substance absorbante. Supposons, dit Longet, ces prismes disposés de manière que leur axe soit dirigé suivant le prolongement d'un des rayons de la surface courbe : avec un tel arrangement, tout point lumineux placé en avant de l'appareil enverra bien des rayons qui tomberont sur toute la surface externe des tubes; mais ceux qui rencontreront ces prismes avec une certaine obliquité, arrivant sur les parois avant de pénétrer jusqu'à la membrane sensible, seront absorbés par le pigment et n'auront aucune influence. Il n'y aura que le pinceau très étroit, tombant suivant l'axe de l'un des prismes, qui, ne trouvant pas d'obstacle à son mouvement rectiligne, arrivera à l'extrémité nerveuse et produira un ébranlement correspondant au point lumineux extérieur.

Le même raisonnement fait comprendre comment chacun des points d'un objet donne la sensation d'un point unique et comment on arrive de la sorte à la production d'une image. Les rapports de distance, d'intensité, de coloration de l'objet, peuvent donc ainsi être appréciés, dans certaines limites, par l'être doué d'un appareil construit d'après ces principes. Mais il est manifeste que la quantité de lumière éliminée par la portion absorbante de l'organe visuel étant très grande, l'image obtenue, tout en ayant une certaine netteté, ne devra offrir qu'une intensité assez faible. On peut prendre l'idée de l'image qui se produit au moyen de tels appareils, en la comparant soit à une mosaïque d'une grande finesse, soit à un dessin coloré obtenu par des points très rapprochés.

Le moyen employé par la nature, pour donner à la vision le plus haut degré de netteté et de perfection, consiste dans la production sur la membrane sensible d'images très pures, obtenues à l'aide d'un système d'appareils réfringents analogues aux lentilles. Cet appareil appartient aux animaux supérieurs et aux mollusques, crustacés, arachnides, etc.

De la vision d'après la structure des yeux. — La théorie de la vision, d'après Mueller, est différente: 1° Suivant que l'œil se compose de cônes transparents rayonnés, dont les parois sont recouvertes de pigment et qui ne laissent parvenir aux fibres du nerf optique placées au fond du cône que la lumière tombant dans l'axe

de celui-ci, comme chez les insectes et les crustacés à yeux composés; 2° suivant que l'œil possède des moyens dioptriques de réunir la lumière, une cornée avec ou sans humeur aqueuse, un cristallin et un corps vitré comme les yeux simples des insectes, des arachnides, des mollusques et des animaux yertébrés.

A. Vision au moyen d'yeux composés et de milieux dioptriques isolés par du pigment.—Ce mode de vision est intéressant, parce qu'il sert à éclairer celui que l'homme emploie. Les cônes, en effet, ne laissent parvenir à leurs fibres nerveuses correspondantes que la lumière qui frappe l'œil dans le sens de leur axe, et toute celle qui rencontre leurs parois obscures se trouve absorbée par elle. De cette manière, chaque cône représente une partie aliquote de l'image, et l'image se compose, à l'instar d'une mosaïque, d'autant de parcelles qu'il y a de cônes, en sorte que sa netteté doit être en raison du nombre de ces derniers.

Degré de netteté de l'image. — La netteté de l'image qui se projette dans l'œil des insectes et des crustacés dépend de causes tout autres que celles qui la produisent dans celui des animaux pourvus d'appareils transparents propres à réunir la lumière.

Ici, elle a pour condition que la rétine se trouve précisément au foyer de la lentille. Là, au contraire, elle ne tient qu'à la grandeur de l'œil et au nombre des cônes ou facettes qui concourent à la production de l'image. Un œil qui possède douze mille appareils isolateurs doit aussi pouvoir distinguer douze mille parcelles du champ visuel sans confusion. Mais, lorsqu'il n'y a qu'un petit nombre de ces organes, chaque cône et chaque facette apportent à l'impression totale celle d'une beaucoup plus grande étendue du champ visuel.

En esset, toutes celles des particules d'un corps qui envoient leur lumière au même cône et à sa fibre nerveuse, ne peuvent point être distinguées les unes des autres, et elles ne sont représentées que dans une impression commune mixte. La longueur des cônes doit également insluer sur la netteté de la vue, car plus elle est considérable, plus la lumière qui vient de côté se trouve écartée et plus les rayons qui parviennent à la fibre nerveuse sont rapprochés de l'axe du cône.

Vue de près et de loin. — Il résulte, dit Mueller, d'après les considérations précédentes, qu'entre les yeux à mosaïque et les yeux à cristallin, une grande différence existe eu égard à la vue de près et de loin. Les yeux à mosaïque sont également bons de près et de loin, et la distance des objets n'exige pas qu'il s'opère de changement en eux; car, qu'il soit proche ou éloigné, l'objet qui envoie sa lumière suivant l'axe du cône est toujours vu distinctement comme point. A la vérité le nombre des unités qui se représentent comme point seulement doit augmenter avec la distance de l'objet; mais il n'y a point ici de cercle de diffusion et nul changement intérieur

de l'œil n'est nécessaire pour porter remède à ce défaut. Au contraire, chez les animaux pourvus de cristallin, la netteté de l'image dépend non seulement de l'éloignement des objets, mais encore de la juste proportion dans la distance de la rétine au cristallin, c'est à-dire de celle à laquelle les rayons lumineux coïncident ensemble, et cette distance varie suivant qu'un intervalle plus ou moins grand sépare l'œil de l'objet. Aussi est-il nécessaire, dans ces sortes d'yeux, qu'il s'opère des changements intérieurs sans lesquels ils ne pourraient voir distinctement qu'à une distance déterminée.

Étendue du champ visuel. — Cette étendue peut être déduite exactement de la forme de l'œil; car, comme il n'y a jamais de vu que ce qui tombe dans l'axe du cône, c'est-à-dire dans les rayons de l'œil, en prolongeant ces rayons on a exactement l'étendue du champ visuel d'un insecte. Aussi plus l'œil d'un insecte est plat, moins le champ visuel de l'insecte a d'étendue, tandis que plus il est convexe, plus aussi l'étendue du champ visuel est grande. Le volume absolu de l'œil n'exerce aucune influence sur l'étendue du champ visuel. Un œil peut être très petit et avoir cependant un champ visuel fort grand, pourvu qu'il représente un grand segment de sphère. Il peut être large, au contraire, et n'avoir néanmoins qu'un champ visuel restreint, si le segment de sphère qu'il repré-

sente est petit. Angle optique. - Ce qui précède fait également connaître, dit Mueller, de quoi dépend, chez les insectes, la grandeur relative des images par rapport au champ visuel tout entier. En effet, les limites de l'image d'un corps quelconque sont déterminées par les rayons lumineux qui, partis de l'objet, tombent sur les axes des cônes de l'œil. Si, par la pensée, on prolonge ces cônes en dedans jusqu'au point où ils se rencontrent, l'angle compris entre eux donne l'angle optique. Or, si l'on se figure le segment de cercle que l'œil représente prolongé en un cercle complet et celui-ci divisé en degrés, minutes et secondes, la surface de l'œil exprime en degrés angulaires la distance des points. Mais, comme la grandeur relative des objets dépend toujours de la situation des cônes qui laissent passer la lumière émanée des divers points, on peut, pour chaque objet, indiquer en degrés, minutes et secondes, la valeur de l'angle optique d'après la distance des cônes que traversent les rayons provenant de ses limites. Des objets placés à d'inégales distances, qui projettent cependant leurs rayons lumineux à travers les mêmes cônes, ont naturellement des images de grandeur pareille; leur angle optique

Si l'on a bien suivi les déductions précédentes, on sentira que l'œil des insectes et des crustacés n'avait pas besoin que sa structure variât pour la vue dans l'air et pour la vue dans l'eau; car ces deux conditions différentes n'apportent aucun changement à rien de ge qui concerne la vision. Aussi Mueller a vu qu'il n'y a pas la

moindre différence de structure entre l'œil des insectes aériens et celui des insectes aquatiques. Chez les animaux à cristallin, il est besoin d'une puissance réfringente plus grande pour la vue dans l'eau que pour celle dans l'air. Mais la puissance réfringente des milieux oculaires ne joue presque aucun rôle chez les insectes, et chaque cône représente l'objet placé en face de lui, qu'il soit dans l'eau ou dans l'air.

B. Vision au moyen d'yeux pourvus d'appareils réfringents. - Ce qui rend la vue des objets possible dans les yeux composés des insectes et des crustacés, c'est que, parmi les rayons du cône lumineux que chaque point isolé projette sur l'organe entier, celui qui correspond à un certain rayon de l'œil est le seul qui pénètre dans sa profondeur, tous les autres étant écartés. Dans la vision au moyen d'instruments réfringents, le cône lumineux émané d'un point est de nouveau réuni par la réfraction en un point qui se trouve sur la rétine. Mais, la réfraction par des milieux réfringents est triple dans l'œil de l'homme et des animaux supérieurs. D'abord les ravons d'un cône lumineux sont brisés par la cornée et l'humeur aqueuse, c'est-à-dire qu'ils sont rapprechés du rayon médian, de celui qui marche parallèlement à l'axe; car ces milieux réfractent en vertu de leur convexité et de la différence de densité entre eux et l'air. Une seconde réfraction s'opère à travers la face antérieure du cristallin, et les rayons du cône lumineux se rapprochent encore davantage du rayon qui suit l'axe, à cause de la convexité de cette face et de la dissérence de densité entre l'humeur aqueuse et le cristallin. Une troisième réfraction a lieu quand les rayons du cône quittent le milieu plus dense du cristallin pour passer dans le milieu moins dense du corps vitré. On démontre, en effet, en physique, qu'une lentille rapproche les rayons de l'axe tant lorsqu'ils passent d'un milieu moins dense à la face antérieure convexe d'un plus dense. que lorsqu'ils repassent de la face postérieure convexe de celui-ci dans un milieu moins dense. Les rayons émanés d'un point doivent se réunir de nouveau en un point, et pour cela la rétine doit être exactement à la distance du cristallin où s'opère leur coincidence; sans cette réunion, l'image serait confuse. Cette distance devient plus grande quand l'objet est plus proche, et moins considérable lorsque l'objet est plus éloigné. La direction que les rayons prennent en vertu de la réfraction dépend d'ailleurs du rayon médian du cône lumineux, vers lequel s'inclinent les rayons latéraux. L'image d'un point se projette donc toujours dans la direction des rayons médians. A la vérité, le rayon médian d'un cône lumineux, qui, au lieu de passer par l'axe même du cristallin, tombe obliquement sur la cernée et la lentille, subit aussi des déviations de sa route. Mais si l'on fait abstraction de cette circonstance, l'endroit où l'image d'un point se projette sur la rétine est déterminé par le prolongement du rayon parallèle à l'axe, ou par le rayon qui traverse le milieu

de la pupille de l'œil. On peut au moyen d'une figure se rendre compte de ce qui a lieu, et l'on constate que l'image est renversée sur la rétine. Ce qui était en haut dans l'objet est vu en bas, ce qui était en bas, l'est en haut; de même pour les parties droite et gauche qui sont vues la première à gauche et la seconde à droite.

On a cherché expérimentalement à constater ce fait. D'après Magendie, divers moyens ont été employés pour s'assurer de ce résultat. On s'est longtemps servi d'yeux construits artificiellement avec du verre qui représentait la cornée transparente et le cristallin et de l'eau qui représentait les humeurs aqueuse et vitrée. Un autre procédé était généralement employé avant la publication de son mémoire sur les images qui se forment au fond de l'œil. Il consiste à placer au volet d'une chambre obscure l'œil d'un animal (bœuf. mouton, etc.), ayant eu soin d'enlever la partie postérieure de la sclérotique. On voit alors très distinctement sur la rétine les images des objets placés de manière à envoyer des rayons vers la pupille. Magendie se sert d'un moyen plus facile. Il prend des yeux de lapin, de pigeon, de petit chien, de hibou, de duc, dans lesquels la sclérotique est à peu près transparente ainsi que la choroïde. Il dépouille exactement leur partie postérieure de la graisse et des muscles qui la recouvrent, et en dirigeant la cornée transparente vers des objets éclairés, on voit assez distinctement les images de ces mêmes objets sur la rétine. Ce procédé était connu de Malpighi et de Haller. Il en est un qui est propre à Magendie. Il consiste à se servir des yeux des animaux albinos (lapins, pigeons, souris). Ces yeux présentent les conditions les plus favorables pour la réussite de l'expérience.

On nomme angle optique l'angle compris entre les rayons centraux croisés de deux points d'un objet. Cet angle croît avec la longueur de l'objet. Des objets diversement éloignés, qui ont le même angle optique, doivent projeter sur la rétine des images d'égale grandeur, et s'ils appartiennent au même angle, leur image doit occuper le même emplacement sur cette membrane.

Nous avons déjà admis comme rayons parallèles à l'axe ceux qui passent par le milieu de la pupille, et qui par conséquent tombent au voisinage du centre de la lentille cristalline. Cependant cette hypothèse ne répond pas d'une manière rigoureuse à la réalité, c'est-àdire qu'une ligne qui passe par le centre de la pupille ne rencontre point exactement l'image de la rétine. En effet, les rayons médians d'un cône lumineux subissent aussi, quand ils tombent obliquement sur la cornée et le cristallin, une réfraction qui les dévie de leur direction. De là vient qu'il faut recourir à l'expérience et au calcul pour trouver le rayon qui sert réellement de guide au cône lumineux émané d'un point, et que ce qui a été dit de l'angle optique doit subir une modification en conséquence.

Maintenant une question se présente. De combien une ligne droite, allant de l'objet à l'image sur la rétine, s'écarte-t-elle du

rayon central passant par le centre de la pupille? Ne pouvant pas m'engager, dit Mueller, dans tous les détails que comporterait la discussion approfondie du problème, je me bornerai à donner le résultat des expériences qui ont été faites à ce sujet. Volkmann a publié là-dessus d'intéressantes recherches desquelles il résulte que. dans l'œil, se trouve un point où les lignes tirées de différents objets à leurs images sur la rétine se croisent, et que le point où le croisement a lieu n'est situé ni au milieu de la pupille, ni au milieu du cristallin, mais derrière celui-ci. Comme le plan de l'œil sur lequel les images se forment est concave, et que, du milieu vers les bords, il se rapproche peu à peu du cristallin, on comprend que les images des objets placés de côté ne peuvent pas être aussi nettes que celles des objets médians, à la distance focale desquels se trouve le milieu de la rétine. Mais le défaut de netteté des images latérales a encore d'autres causes; car les rayons d'un cône lumineux provenant d'objets placés sur le côté ne se réunissent pas exactement au même point, à cause de l'inégalité de la réfraction. Cependant la principale cause qui fait que la netteté des images va en décroissant du milieu de la rétine à son pourtour, paraît tenir à cette membrane elle-même.

Les rayons qui tombent sur le bord du cristallin subissent une autre réfraction que les rayons médians ou centraux, en vertu de l'aberration de sphéricité. La netteté de la vision exigeait qu'il y eût dans l'œil un appareil analogue à celui dont on se sert dans les instruments d'optique, c'est-à-dire que le bord du cristallin fût couvert d'un diaphragme qui ne permît qu'aux rayons centraux de passer par son ouverture médiane. Le diaphragme de l'œil est l'iris et son ouverture la pupille; mais il a l'avantage d'être mobile, de pouvoir s'élargir et se rétrécir. La dilatation de la pupille dans les lieux peu éclairés permet qu'au moins la quantité de lumière compense la perte éprouvée du côté de la netteté de l'image. Il peut aussi arriver, dans certaines circonstances, qu'avec une pupille très large l'image des rayons marginaux soit très nette, lorsque celle des rayons centraux manque de netteté, ou même n'est point vue, parce qu'elle n'est pas reçue à la distance requise. L'étroitesse de la pupille, une juste distance et une lumière vive sont les conditions qui rendent l'image aussi nette que possible, parce que, dans ce cas, la quantité de lumière suffit malgré le peu d'ouverture de la pupille et que l'étroitesse de celle-ci empêche la formation d'une image sans netteté des rayons marginaux qui ont une autre distance focale.

Relativement au cristallin, cette lentille doit être d'autant plus dense et plus convexe qu'il y a moins de différence de densité entre l'humeur aqueuse et le milieu dans lequel vit l'animal. Chez les poissons, le cristallin est sphérique et la cornée plate la plupart du temps. Chez les animaux qui vivent dans l'air, la cornée est plus convexe et le cristallin plus déprimé.

L'intérieur des parois de l'œil, derrière l'iris et le corps ciliaire, derrière même la rétine, est couvert de pigment noir. Cette disposition offre le même avantage que la couleur noire dont on teint les parois intérieures des instruments d'optique. Le pigment absorbe les rayons lumineux qui pourraient être résléchis, les empêche de parvenir une seconde fois au fond de l'œil et fait ainsi qu'ils ne peuvent pas troubler la netteté de l'image. Tel est le but du pigment qui garnit la face postérieure de l'iris et du corps ciliaire. Mais celui qui existe à la face postérieure de la rétine et celui même de la choroïde ne sont point sans importance à cet égard. La rétine est translucide : si, au lieu d'une membrane de couleur foncée, il s'en trouvait derrière elle une capable de réfléchir la lumière, les rayons lumineux qui auraient déjà rencontré la rétine elle-même seraient réfléchis et reportés sur d'autres points de cette membrane, ce qui non seulement causerait l'éblouissement par excès de lumière, mais encore troublerait les images. Les animaux chez lesquels manque le pigment de la choroïde et les hommes atteints d'albinisme se trouvent dans ce cas; la lumière du jour les éblouit aisément et ils voient mieux dans l'obscurité. Plusieurs animaux qui se montrent actifs et chassent au crépuscule, tandis qu'ils sont lourds et lents pendant la journée, ont également des points de leur choroïde dépourvus de pigment, ou plutôt couverts d'un pigment blanc, comme les chats et les autres animaux ennemis de la lumière.

La netteté ou la clarté de l'image sur la partie moyenne de la rétine tient, d'après Mueller, à plusieurs conditions diverses :

1° A ce que les rayons lumineux venant d'un point se réunissent complétement en un point correspondant de la rétine, de manière à éviter les cercles de dissusson;

2º A ce que l'éclairage ait une intensité suffisante;

3° A ce que les plus petites parcelles de la rétine soient aptes à perceyoir, comme si elles étaient séparées les unes des autres.

La première condition dépend de ce que la rétine se trouve exactement à la distance focale de l'image. A elle se rattache le plus ou moins de portée de la vue distincte chez les différents hommes, qui, comme on le sait, tantôt sont myopes, tantôt sont presbytes, tantôt n'ont pas de limites arrêtées à cet égard, leur œil pouvant s'ajuster à toutes les diversités de l'éloignement des objets et de la distance focale des images. Cependant, comme la faculté de s'accommoder aux différentes distances par des changements intérieurs a des limites, il y a pour chaque individu un éloignement auquel il voit plus nettement qu'à tout autre, et dont la distance focale de l'image est celle qui correspond le mieux à l'intervalle compris entre la rétine et le cristallin, ainsi qu'au pouvoir réfringent des milieux de son œil. Cette distance de la vision distincte peut être évaluée de cinq à six pieds pour la majorité des hommes. Les objets qui sont trop rapprochés de l'œil projettent sur la rétine des cercles de

diffusion d'une grande étendue : c'est ce qui fait qu'un corps mince, par exemple une épingle, qu'on tient trop près de son œil, ne peut être aperçu ou ne procure que la sensation d'une nébulosité. Il est peu d'hommes qui puissent lire encore l'écriture à une distance de 20 pouces. Cependant la puissance réfringente des milieux de l'œil devient la source de nombreuses différences à cet égard. Le myope ne voit distinctement que les objets très rapprochés de lui et ne distingue pas ceux qui sont placés à une grande distance; le presbyte, au contraire, est obligé, pour bien voir un objet petit et difficile à distinguer, de le porter à une plus grande distance.

La seconde condition de la netteté de la vue est une quantité suffisante de lumière. L'excès et le défaut de lumière rendent également tous deux l'image confuse.

La troisième condition, pour que la sensation soit nette, dépend des particules de la rétine qui sont susceptibles de percevoir isolément les unes des autres, comme si elles étaient séparées dans l'espace. Nous en avons un exemple dans les corps qui présentent des lignes très fines, alternativement blanches et noires. Quand on regarde une gravure d'une distance telle que les images des traits blancs et noirs tombent à la fois sur des parcelles de la rétine d'une certaine grandeur, on ne peut pas distinguer les limites de ces lignes et l'on n'a qu'une impression mixte de gris. La même chose arrive pour les lignes très fines, diversement colorées et dont les teintes alternent ensemble: si elles sont bleues et jaunes, par exemple, elles font naître l'impression mixte du vert. C'est cette cause enfin qui fait que tous les mélanges de deux couleurs différentes ne nous apparaissent pas comme un mélange, mais comme teinte intermédiaire homogène.

De là résulte denc qu'il y a dans la rétine des minima qui confondent en une seule toutes les impressions reçues par eux et ne peuvent plus les distinguer les unes des autres, quoiqu'elles soient récllement distinctes dans l'image. On peut donc présumer que des rayons différents qui tombent à côté les uns des autres sur ces minima de la membrane nerveuse ne sont plus sentis distincts, et que chaque papille n'obtient et ne transmet qu'une seule impression moyenne des influences qui l'affectent en même temps. De cette manière l'image ressemblerait à une mosaïque, dont chaque élément serait homogène en lui-même ; or les plus petites parcelles de la rétine coıncident assez bien avec les plus petits points sensibles de cette membrane. L'angle le moins ouvert sous lequel nous puissions distinguer deux points, est de 40 secondes. Smith a calculé, d'après cela, que le plus petit point sensible de la rétine avait 1/8000° de pouce. D'après les recherches de Treviranus, le diamètre transversal des papilles de cette membrane est de 0m,0038 dans le lapin, et de 0^m,002 à 0^m,004 dans les oiseaux. Or ces 0^m,003 millimètres

=0,00011 pouce anglais, et 0^m,004 millimètres = 0,00015 pouce. Donc, en évaluant le diamètre moyen des papilles de la rétine entre, 0^m,003 et 0^m,004, c'est-à-dire, à peu près entre 1/6000° et 1/10000° de pouce, la plus petite partie sensible de cette membrane correspondrait très exactement à sa plus petite partie matérielle. Les mesures que L.-H. Weber avait déjà données des globules de la rétine, en les portant à 1/8000° à 1/8400° de pouce s'accordent parfaitement aussi avec ces appréciations.

Cependant il n'y a plus de correspondance, lorsqu'on prend d'autres déterminations pour point de départ, et Volkmann croit très probable que la faculté de distinguer avec la rétine a plus de portée qu'elle n'en aurait si les fibres nerveuses étaient les derniers éléments. Munke admet que le plus petit angle visuel est de 30 secondes. Treviranus distinguait jusqu'à une distance de 48 lignes un point noir de 0,00833 ligne de diamètre sur un fond blanc, et Volkmann calcule d'après cela que le diamètre de la plus petite image sur la rétine est de 0,000060 ligne. Cette évaluation est trop forte encore, car un œil médiocre distingue, à la distance de 30 lignes, un cheveu qui n'a que 0,002 ligne de diamètre, ce qui donnerait une image sur la rétine ayant un diamètre de 0,000023 ligne. Un élève de Baer pouvait encore apercevoir à une distance de 28 lignes un poil de 1/60° de ligne, ce qui, selon Volkmann, donnerait une image sur la rétine de 0,00000014 ligne de diamètre. De là Volkmann conclut qu'en faisant abstraction du dernier cas, qui est tout à fait extraordinaire, les plus petites images sur la rétine sont inférieures aux moindres éléments de cette membrane dont nous connaissons la masse.

De la vision distincte à des distances diverses. — Si l'on compare l'œil avec une chambre obscure, on est tenté de croire que les objets ne sont visibles que dans une position déterminée. Cependant tout le monde sait que l'œil a la faculté merveilleuse de donner des notions nettes sur des objets placés à des distances très différentes entre elles. On peut rapporter à trois types les opinions nombreuses qui ont été émises pour expliquer ce phénomène : 4° théorie de l'adaptation; 2° théorie des milieux réfringents ; 3° théorie des mathématiciens.

1° Théorie de l'adaptation. — Olbers admet que l'image focale se rapproche d'autant plus de la face postérieure du cristallin que l'objet qu'elle reproduit est plus près de l'œil. La limite extrême de visibilité, pour les corps suffisamment lumineux, est l'infini ; le minimum de distance diffère suivant la vue individuelle. Ce minimum de distance est en moyenne de 0^m,25, mais pour les myopes et les presbytes on constate des nombres plus ou moins grands.

Dans le travail qu'il a publié en 1780, Olbers a déterminé par le

calcul la distance de l'image à la cornée pour quatre distances de l'objet choisies à titre d'exemple :

Distance de l'objet.	Distance de l'image à la cornée.
Infinie.	0,8996 pouce.
27 pouces.	0,9189
8	0,9671
THE PARTY OF THE P	1 0100

Ces résultats prouvent que, pour les limites les plus diverses de la vision, les excursions de l'image sont comprises entre 0,8996 et 4,0426. La différence entre ces nombres, c'est-à-dire 0,143, exprime la série de position que peut occuper l'image d'un corps lumineux situé entre une distance infinie et un pouce. En conséquence, si la cornée et le cristallin conservent leurs convexités, la distance de la rétine au cristallin n'aurait besoin de changer que d'une ligne environ pour toutes les distances des objets, ce qui pourrait être opéré, soit par l'allongement de l'œil, soit par le déplacement du cristallin. Young porte le changement à un sixième de l'axe de l'œil. On conçoit que le même but pourrait être atteint sans changement de la distance du cristallin à la rétine, si la convexité de la cornée ou du cristallin était susceptible de modifications.

Olbers a recherché aussi par le calcul quel serait le changement que la convexité de la cornée devrait subir pour la vision distincte à des distances diverses. Le rayon de la cornée pour les quatre cas précédents serait ainsi qu'il suit :

Distance de l'objet.	Rayon de la cornée,
Infinie.	0,333 pouce.
27 pouces.	0,321
8	0,303
	0.973

S'il était possible que le rayon de la cornée changeât seulement de 0,333 à 0,300 pouce, et que la longueur de l'œil s'accrût d'une ligne, la vision distincte aurait lieu pour toutes les distances au delà de 4 pouces.

Il est évident qu'on pourrait se rendre compte de cette adaptation par le déplacement du cristallin

Ces hypothèses admises pour expliquer un fait incontestable sont fort ingénieuses; mais il est difficile de donner la preuve des faits sur lesquels elles s'appuient. Aussi quelques savants les ont rejetées. Olbers croit que la vision distincte à des distances variables s'explique par des modifications internes de l'œil; il admet un changement de courbure de la cornée, mais il ne démontre pas le fait. Cependant Home partagea cette opinion, et crut avoir trouvé les changements de courbure de la cornée au moyen d'un instrument nyenté par Ramsden, Mais, plus tard, il ne fut pas si convaince et

il ne fit plus jouer qu'un rôle secondaire à la cornée pour l'accommodation aux distances. Englefield et Ramsden furent aussi de l'opinion d'Olbers; mais beaucoup d'auteurs ont rejeté les grandes déformations de l'œil et ont avancé des preuves positives à l'appui de leurs

Th. Young, avant de mettre en avant l'explication que nous allons donner, cherche à démontrer que l'œil ne s'allonge pas, et que la courbure de la cornée est invariable. Voici comment : Au moyen d'une lunette microscopique d'une force amplificative convenable, il observe une image virtuelle bien nette, réfléchie à la surface convexe de la cornée, l'œil de la personne mise en expérience se fixant, sans se déplacer, sur des mires situées à des distances très différentes. mais dans une même direction. Si la courbure de la cornée ne subit aucune variation, l'image réfléchie ne changera pas de dimension; dans le cas contraire, et en admettant les changements reconnus nécessaires par Olbers, la grandeur de l'image sera influencée d'une manière sensible et appréciable. Les résultats de Young ont toujours été négatifs, ce qui fait penser à l'invariabilité de la cornée. Un sayant français, de Haldat, a confirmé les expériences de Th. Young. Ce dernier auteur fit encore une expérience bien connue pour prouver que la cornée ne change pas. Il prit une lentille biconvexe de 3/10es de pouce de rayon et de distance focale, montée dans un anneau profond de 3/3es de pouce; et, après avoir garni de cire les bords du verre, il remplit l'anneau aux trois quarts d'eau presque froide, puis appliqua son œil dessus de manière que la cornée fût en parfait contact avec l'eau qu'il contenait. L'œil devint immédiatement presbyte, et la force réfringente de la lentille qui fut réduite par le contact de l'eau à un foyer d'environ 15 de pouce ne suffit plus à remplacer la cornée, dont l'action fut annulée par le contact de l'eau à sa surface antérieure. Mais l'addition d'une autre lentille de 5 pouces 1/2 de foyer ramena l'œil à l'état normal, et cette disposition, dans laquelle la cornée se trouvait en contact, à ses deux surfaces, avec deux liquides de même densité, et par conséquent devenait nulle quant à la faculté réfringente, permit à l'œil de conserver la propriété de s'accommoder aux distances. Tels sont en résumé les arguments les plus puissants qui aient été dirigés contre la déformation de la cornée et contre les variations de longueur de l'axe de l'œil. Les auteurs qui ont admis ces variations les ont attribuées à l'action des muscles oculaires, mais ces moyens ont paru, aux antagonistes de cette théorie, tout à fait disproportionnés avec l'effet produit.

Olbers croyait à un allongement de l'œil, dans le sens de son axe antéro-postérieur, allongement dù à la pression des muscles droits. Treviranus a combattu cette opinion. Voici comment: les pressions latérales des muscles droits tendent bien à refouler le corps vitré en avant et en arrière; mais la résultante générale tend à entraîner