coup plus petite ? — Parce que, en raison de sa grande proximité, l'angle sous-tendu par la lune est très grand naturellement, tandis que pour les étoiles, situées à une distance incommensurable, l'angle sous-tendu est infiniment petit, ce qui fait qu'elles apparaissent comme des points. Le soleil et la lune paraissent à peu près de même grandeur, quoique le soleil soit incomparablement plus gros, parce que le soleil est en même temps beaucoup plus éloigné.

Soient AB le soleil, et CD la lune : quoique AB soit beau-

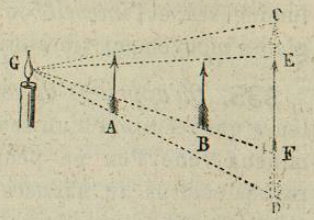
coup plus grand, il paraît néanmoins n'avoir que la hauteur de la petite ligne EF, tandis que la lune paraît grande comme la ligne CD.

931. *Pourquoi un* MICROSCOPE *grossit-il à la vue les objets?*—Parce que : il rapproche les objets d'autant plus qu'il est plus puissant ; en rapprochant les objets il fait que l'angle qu'ils sous-tendent est plus grand, et que, par conséquent, ils nous paraissent agrandis ou grossis dans le rapport direct du rapprochement ou de la puissance de microscope.

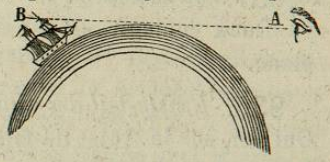
932. *Si l'ombre d'un objet est projetée sur une muraille, pourquoi la grandeur de cette ombre* AUGMENTE-*t-elle de plus en plus à mesure qu'on* RAPPROCHE *l'objet de la bougie allumée?* — Parce que plus le corps opaque est voisin de la source de lumière, plus l'angle au sommet du cône formé par les lignes droites qui vont du centre lumineux au contour de l'objet est grand,

plus l'aire de la surface d'intersection de ce cône avec la muraille est large : or, cet aire est précisément l'ombre de l'objet.

La flèche A, dressée près de la bougie, donnera sur une muraille la grande ombre CD, tandis que la même flèche, dressée en B, ne ferait que la petite ombre EF.



933. *Quand un navire approche de la côte, pourquoi peut-on voir d'abord les parties les plus* PETITES *comme les flammes ou le sommet des mâts, etc., avant de voir le corps du navire?* — Parce que le *globe terrestre est sphérique*, et que la courbure de la mer cache à la vue le corps du navire, quand les parties les plus élevées sont devenues visibles.



Les parties du navire au-dessus de la ligne AB seront visibles au spectateur A, tandis que la courbure de la mer dérobe à sa vue les parties qui sont au-dessous de cette ligne.

CHAPITRE IV

Couleurs.

1. — COULEURS EN ELLES-MÊMES ET DANS LES CORPS.

934. *Qu'est-ce que la* COULEUR? — Une certaine qualité du rayon lumineux qui le rend apte à produire la sensation particulière que l'on désigne sous le nom de *couleur*. Les rayons lumineux, comme les rayons

sonores, diffèrent entre eux par le *ton* ou la *nuance* qui dépend du nombre des vibrations des molécules lumineuses, et l'*intensité* ou l'*éclat* qui dépend de l'énergie du mouvement vibratoire.

935. *Qu'appelle-t-on couleurs* SIMPLES ? — Les couleurs qui résultent d'un seul et même mouvement lumineux, que l'on ne peut plus séparer en d'autres rayons colorés de nuances différentes. Les couleurs élémentaires du spectre solaire sont simples.

936. *Qu'appelle-t-on couleurs* COMPOSÉES ? — Celles qui résultent de la superposition de plusieurs mouvements lumineux et que l'on peut séparer en rayons de nuances différentes.

937. *Qu'entend-on par couleurs* COMPLÉMENTAIRES ? — Deux couleurs qui, par leur fusion, donnent le blanc.

938. *Existe-t-il des couleurs* COMPLÉME TAIRES ? — Oui ; si, sur le trajet du faisceau lumineux qui va projeter sur un écran le spectre solaire, on interpose un corps opaque, un crayon qui arrête une des couleurs, le rouge, par exemple, l'ensemble des couleurs restantes sera la couleur complémentaire de celle qu'on a supprimée, le vert, puisque c'est du blanc sans le rouge, ou qu'ajouté au rouge il donnerait du blanc.

939. *Quelles couleurs sont* COMPLÉMENTAIRES ? — Le rouge est complémentaire du vert, l'orangé du bleu, le jaune du violet, et réciproquement.

940. *Pourquoi appelle-t-on les couleurs complémentaires* COULEURS AMIES ? — Parce qu'elles s'accordent très bien, que leur juxtaposition est très harmonieuse à l'œil. Si certaines fleurs sont si agréables à la

vue, la rose, par exemple, c'est que le vert des feuilles est à peu près complémentaire du rose des fleurs.

941. *Comment expliquer la* COULEUR PROPRE *des corps ?* — Suivant Newton, les couleurs des corps sont celles des lames minces, des bulles de savon ; elles sont le résultat d'une véritable décomposition et d'interférences en rapport avec l'épaisseur des molécules du corps, et les distances mutuelles de ces molécules, comme les couleurs d'une bulle de savon, dépendent de l'épaisseur de la couche liquide et des interférences à sa surface.

Suivant d'autres physiciens, tous les corps sur lesquels tombe un rayon de lumière blanche absorbent une partie des rayons de cette lumière et réfléchissent l'autre ; vus par transmission, ils auraient la couleur qui correspond à l'ensemble des rayons absorbés ; vus par réflexion, ils auraient la couleur correspondant à l'ensemble des rayons réfléchis ; une objection insoluble contre cette explication très simple, en apparence, c'est qu'il y a des corps qui manifestent la même couleur, qu'ils soient vus par transmission ou par réflexion.

Suivant Euler enfin, les particules éthérées contenues dans les corps frappés par la lumière sont mises à leur tour en mouvement ; la nature de ce mouvement dépend naturellement de leur distribution dans le corps ou de sa nature, et varie par conséquent, d'un corps à l'autre ; la sensation de ce mouvement, transmis à l'éther en dehors du corps, et perçu par notre œil, est la couleur propre du corps, vu soit par réflexion ou diffusion, soit par réfraction ou transmission.

Quelle que soit celle de ces hypothèses que l'on

adopte, il n'y a pas lieu de demander pourquoi tel corps présente telle couleur; pourquoi la mer est verte ou bleue, le lis blanc, la rose rouge, la primevère jaune, le charbon noir, la violette bleue, etc. La question de la couleur des corps est, en réalité, une des plus mystérieuses de la physique moderne.

942. *A quoi doit-on attribuer cette* DIFFÉRENCE *de coloration des différents corps, ou la propriété qu'ils possèdent d'affecter différemment la lumière qui les frappe?* — Quelquefois à leur composition chimique, quelquefois à leur structure fibreuse ou en réseau, qui fait intervenir des phénomènes d'interférence ou de diffraction; quelquefois enfin, à la présence dans leurs tissus d'un pigment ou matière colorante toute formée.

943. *A quoi faut-il attribuer la couleur des* PLUMES DES OISEAUX? — En partie, très probablement, à des phénomènes de réseaux, mais en partie aussi à la présence d'un pigment que l'on a réussi récemment à mettre en évidence et à isoler.

944. *A quoi faut-il attribuer la* COULEUR VERTE *des plantes?* — A la présence d'une matière colorante d'un beau vert appelée chlorophylle.

945. *Pourquoi le* VERT *des feuilles sortant du bourgeon ou des feuilles au printemps est-il* PALE? — Parce que la chlorophylle n'est pas encore toute formée.

946. *Pourquoi les feuilles jaunissent-elles ou rougissent-elles à l'automne?* — Parce que la chlorophylle, formée au printemps ou dans l'été, s'est décomposée sous l'action de la lumière et de la chaleur, et n'est pas remplacée par de la chlorophylle nouvelle.

947. *Pourquoi les plantes qui croissent dans l'obscurité sont-elles* INCOLORES *ou* BLANCHES? — Parce que

la présence de la lumière est nécessaire, aussi bien que celle de l'oxygène, au développement de la chlorophylle. La chicorée, cultivée dans une cave ou dans un lieu obscur, donne des jets longs, grêles et blancs, connus sous le nom de barbe de capucin. Les feuilles intérieures des salades, que l'on cache à la lumière en les liant, blanchissent, parce que la chlorophylle est décomposée et ne se reforme plus.

948. *Pourquoi les pommes de terre qui sont en partie hors de terre deviennent-elles* VERTES *à leur surface extérieure, tandis que celles qui sont en terre gardent leur couleur naturelle?* — La portion exposée à la lumière et à l'air devient verte, parce qu'il se forme de la chlorophylle. Au sein du sol, à l'abri de la lumière et de l'air, il ne s'en forme pas : la couleur naturelle propre persiste.

949. *Pourquoi les couleurs artificielles, celles surtout des papiers de tenture ou d'étoffes, se fanent-elles ou pâlissent-elles avec le temps?* — Parce que, sous l'influence de l'oxygène de l'air, de l'humidité, de la lumière, les principes colorants de ces étoffes et de ces papiers s'oxydent ou se décomposent.

2. — COULEURS SUBJECTIVES OU ACCIDENTELLES.

950. *Pourquoi, à la lumière d'une bougie ou d'une lampe, les étoffes* BLEUES *paraissent-elles vertes?* — Parce que la lumière jaunâtre de la bougie ou de la lampe, venant s'ajouter à la lumière bleue de l'étoffe, l'influence, la modifie, et donne la sensation du vert, qui, comme on l'a vu, peut être reproduit par un mélange de jaune et de bleu.

951. *Il y a donc des couleurs qui ne sont pas*

RÉELLES *ou qui sont une* ILLUSION? — Oui, il est une classe entière de couleurs qu'on a appelées *accidentelles* ou *subjectives*, parce qu'elles ne sont pas dans l'objet, mais plutôt dans le sujet, et qui n'ont de réalité que dans celui qui les perçoit, qu'elles soient d'ailleurs produites par l'œil ou par une réaction de l'œil.

952. *Citez quelques exemples de couleurs subjectives.* — 1° Si, après avoir fixé attentivement la couverture jaune très éclairée d'une brochure, vous l'ouvrez rapidement, les pages blanches paraîtront inondées de lumière bleue; si la couverture avait été d'un vert brillant, les pages blanches seraient apparues roses; les couleurs subjectives qui naissent ainsi de la contemplation de couleurs objectives sont complémentaires de ces couleurs; 2° si on regarde fixement un objet coloré posé sur un fond blanc, un pain à cacheter rouge éclatant, par exemple, sur une feuille de papier blanc, on verra se manifester extérieurement, et tout autour du pain à cacheter rouge une auréole de lumière verte complémentaire du rouge; 3° si on éclaire un papier avec une lumière colorée, que sur ce papier on dresse un corps quelconque éclairé par la lumière blanche, l'ombre projetée par ce corps sera fortement colorée de la couleur complémentaire de celle qui éclaire le papier : l'expérience réussit très bien avec la lumière d'une bougie, qui est jaunâtre, et la lumière diffuse du jour, l'ombre apparaît très bleue : c'est le phénomène bien connu des ombres colorées qu'on observe souvent dans la nature; 4° enfin, deux couleurs très voisines s'influencent et se modifient mutuellement d'une manière très sensible, en produisant ce qu'on appelle un *effet de contraste.*

953. *Rappelez une expérience célèbre qui mette complètement en évidence la réaction de l'œil.* — Boyle, après avoir regardé un instant le soleil, rentra dans l'obscurité, et constata, non sans quelque surprise, que sa vue était comme animée d'un mouvement oscillatoire intense, qui lui faisait apercevoir tour à tour et successivement une image brillante du soleil, puis une image sombre : cette succession d'images brillantes et sombres dura plusieurs jours. Il semble donc : 1° que la rétine écartée de son état normal par la présence d'un objet coloré, puis abandonnée à elle-même, revient d'abord à la position de repos, la dépasse ensuite en sens contraire et oscille ainsi pendant un certain temps; 2° que ces oscillations en sens contraire donnent l'impression des teintes complémentaires, les ténèbres succédant à la lumière, le vert au rouge, le bleu au jaune, etc.

954. *Résumez l'ensemble des faits relatifs aux* COULEURS SUBJECTIVES. — Ces couleurs, qui jouent un rôle important dans la nature, semblent être de trois ordres différents : le premier a sa cause dans les vibrations successives de la rétine; le second s'explique par l'irradiation ou le partage de la rétine en plusieurs portions vibrant simultanément sous l'impression d'une première excitation; le troisième a sa raison d'être dans le contraste ou l'élimination des couleurs communes aux deux rayons qui agissent à la fois sur l'organe de la vision.

955. *Y a-t-il des personnes dont les yeux sont* INCAPABLES *de* DISTINGUER *les* COULEURS? — Oui, et cette infirmité, assez commune, au moins dans un faible degré, a reçu le nom de *daltonisme*, parce que le célèbre physicien *Dalton* en était affecté.

956. *Comment s'explique cette* IMPUISSANCE ? — Par une insensibilité anomale de la rétine qui lui enlève la faculté de vibrer à l'unisson de tel ou tel rayon lumineux. Tous les yeux distinguent le jaune, aucune rétine n'est donc insensible pour la lumière jaune, et ce fait s'explique par la coloration normale de la rétine en jaune. L'œil qui est insensible à une couleur est aussi insensible à la couleur complémentaire, ce qui est tout à fait d'accord avec le fait observé de la succession des impressions dans les couleurs subjectives.

957. *Faites ressortir les analogies et les différences entre la lumière et le son.* — La lumière et le son sont tous deux le résultat de mouvements vibratoires. Le milieu vibrant et transmettant, pour le son, est l'air; le milieu vibrant et transmettant pour la lumière est l'éther. Les vibrations des molécules aériennes ou les vibrations sonores ont lieu dans le sens même de la propagation du mouvement, ou en sens contraire, mais suivant la même ligne ; les vibrations des molécules éthérées ou les vibrations lumineuses ont lieu perpendiculairement à la direction de propagation du mouvement. Les vibrations sonores se comptent par centaines ou par milliers ; les vibrations lumineuses, incomparablement plus nombreuses, se comptent par millions. Le mouvement sonore, comme le mouvement lumineux, se réfléchit, se réfracte, se polarise, se disperse, se diffracte, interfère, etc. ; les corps vibrent dans un certain unisson avec l'air en mouvement qui les frappe et rendent un son propre ; les corps aussi vibrent dans un certain unisson avec le mouvement lumineux qui les frappe et brillent de leurs couleurs propres. Le mouvement vibratoire persiste un certain

temps dans les corps frappés par l'air en mouvement, l'impression produite sur l'œil par le mouvement lumineux persiste aussi pendant un temps plus ou moins long, etc., etc.

CHAPITRE V

Phénomènes d'optique naturels, ou optique météorologique.

§ 1. — ARC-EN-CIEL.

958. *Qu'est-ce que l'*ARC-EN-CIEL ? — Une bande à peu près semi-circulaire, plus ou moins étendue, formée de sept arcs concentriques principaux présentant successivement les couleurs du spectre solaire, depuis le violet en bas ou à l'intérieur, jusqu'au rouge en haut, ou à l'extérieur, bandes qu'on aperçoit ordinairement dans les nuées quand le *soleil luit* en même temps qu'il pleut.

959. *Quelle est la* CAUSE *de l'arc-en-ciel ?* — La décomposition de la lumière du soleil par les gouttes de pluie.

960. *Quelles sont les* CONDITIONS *nécessaires pour que l'on voie l'arc-en-ciel ?* — Il faut : 1° que l'on regarde du côté *opposé au soleil;* 2° qu'une nuée obscure se trouve derrière les gouttes de pluie qui décomposent et dispersent les rayons; 3° que le soleil ne soit pas trop élevé au-dessus de l'horizon.

961. *Comment a-t-on été conduit à admettre que l'arc-en-ciel résulte de la décomposition de la lumière*