

essentielle sur la théorie de Newton, est juste, et les recherches de Herschel en ont donné la confirmation expérimentale. Herschel examina l'intensité de la lumière de rayons colorés qui lui servaient à éclairer des objets sous le microscope : le jaune et le vert jaune étaient ceux qui éclairaient le mieux ; venaient ensuite, dans un ordre décroissant, l'orangé, le rouge, le bleu et le violet (dont on aurait dû s'attendre à trouver la place entre le rouge et le bleu). La clarté des rayons verts était plus faible aussi que celle des rayons d'un vert jaune. Une autre preuve, plus sûre encore, de la différence de clarté entre les rayons colorés, nous est fournie par les phénomènes de l'éblouissement. Quand on a fixé le soleil, et qu'on ferme les yeux jusqu'à produire une obscurité complète, l'image laissée par le soleil paraît claire ou blanche sur un fond noir ; mais cette image passe par toute la série des couleurs jusqu'au noir, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'elle ne se détache plus du fond noir, et la série des couleurs qu'elle parcourt ainsi du blanc au noir, est précisément celle des plus claires aux plus obscures, jaune, orangé, rouge, violet, bleu. Si, au contraire, après avoir fixé le soleil, on regarde un mur blanc, l'image de l'astre paraît noir sur le fond blanc de la muraille, et elle passe des teintes obscures aux claires, jusqu'à ce qu'elle soit arrivée au blanc, et qu'on ne puisse plus la distinguer du mur.

Mais, quelque exacte que soit la remarque de Goethe sur la différence de clarté des couleurs, il ne s'ensuit pas qu'on doive conclure de là, avec lui, que la couleur naît d'un mélange de clair et d'obscur. L'obscur, comme je l'ai déjà dit, n'a point d'existence positive : ce n'est que le repos de certains points de la rétine ou de la membrane entière. Une couleur peut, sans être le résultat d'un mélange de bleu et de noir, stimuler plus ou moins la rétine, par conséquent avoir plus ou moins d'intensité, et paraître plus ou moins obscure, que d'ailleurs cet effet tiennent à la différence de vitesse des

ondes lumineuses, ou à leur différence de volume dans les diverses couleurs, ou à toute autre propriété quelconque de la lumière.

Les points principaux de la théorie des couleurs imaginée par Goethe reposent sur l'idée fautive qu'il se faisait de l'obscur ou du noir, en le regardant comme quelque chose de positif. Le gris qui se produit, au lieu de blanc, lorsqu'on mêle ensemble des pigments à couleurs complémentaires, donne un certain vernis de vraisemblance à l'opinion de Goethe et de Seebeck ; mais la formation de ce gris est facile à expliquer, et d'ailleurs on peut prouver strictement que le blanc et le noir seuls ne sauraient jamais donner naissance à une couleur. Il ne résulte de ce mélange que du gris, soit que les deux impressions, comme dans le disque tournant, se succèdent avec assez de rapidité pour que l'image persistante de l'une et l'image naissante de l'autre se couvrent, soit que les deux causes agissent à la fois sur les mêmes parties de la rétine, ce qui se réduit à dire que l'action de la cause du blanc se trouve tempérée, et que de là naît du gris.

Les phénomènes qu'on observe en regardant des objets incolores à travers des corps demi-transparens, sont ceux qui semblent parler le plus en faveur de la théorie de Goethe. Cependant on peut les expliquer aussi d'après les faits connus, et à l'aide des principes de la théorie newtonienne elle-même.

Les milieux troubles, comme le dit Goethe, font paraître la lumière blanche, jaune ou même d'un jaune tirant sur le rouge, en la modérant ; tel est l'effet du verre blanc et d'un air chargé de vapeurs au moment du crépuscule. Ce phénomène est attribué avec raison à la propriété dont le verre blanc, qui a toujours une teinte bleuâtre, jouit de laisser passer davantage les rayons jaunes et rouges, que les rayons bleus de la lumière blanche. Plusieurs milieux troubles ne le présentent pas, suivant la remarque de Brandes ; ainsi, par

exemple, un nuage humide fait paraître blanche la lumière tant réfléchie que transmise, parce qu'il en laisse passer ou réfléchit toutes les couleurs à la fois.

Les objections tirées des phénomènes prismatiques, que Goethe élève contre la théorie newtonienne des couleurs, manquent de fondement. Goethe assigne, comme condition, à l'image prismatique colorée, qu'elle soit bornée, et que du clair limite de l'obscur; la couleur n'apparaît qu'à cette limite, parce que du clair et de l'obscur à la fois sont nécessaires pour la produire, ce qui fait qu'un objet non limité, un mur blanc, vu à travers le prisme, paraît blanc, et non coloré. Cependant ce dernier effet est précisément une conséquence de la théorie de Newton; car tous les points de la muraille blanche renvoyant de la lumière blanche, c'est-à-dire des rayons bleus, rouges et jaunes à la fois, chaque partie de la rétine est aussi affectée par tous les rayons colorés à la fois, c'est-à-dire par du blanc. Il faut sans doute une limite de clair, et de moins clair ou d'obscur, pour que les couleurs dioptriques apparaissent; mais cette condition est nécessaire aussi dans le sens de la théorie de Newton; car les seuls rayons colorés susceptibles d'être vus comme tels, sont ceux qui ne se rencontrent pas avec d'autres couleurs dans l'image, et qui s'isolent à la limite de celle-ci, en vertu de leur réfrangibilité différente.

Enfin l'explication que Goethe donne des couleurs prismatiques n'est pas satisfaisante. Suivant lui, la réfraction est cause que, sur la limite d'une image obscure et claire, le champ obscur se meut sur le champ clair, et celui-ci sur l'autre, et de là naissent, à la limite, les bandes colorées. Cependant la lumière peut bien, à la limite de l'obscur, se disperser sur les parties en repos de l'œil, mais l'obscur ne peut point se répandre sur le clair; car, du point de vue physiologique, auquel tout ici doit être finalement rapporté, l'obscur n'est que la partie de l'œil où nous sentons la rétine dans l'état de repos.

Le mérite de Goethe, par rapport à la théorie des couleurs, ne tient point à la manière dont il a envisagé les causes des couleurs prismatiques. Ce n'est pas ici le lieu d'examiner les précieux résultats de ses recherches sur les couleurs physiologiques, sur les effets moraux des couleurs, et sur l'histoire de leur théorie.

B. *Couleurs naturelles des corps. Pigments.*

La couleur naturelle des corps non lumineux par eux-mêmes dépend immédiatement de la lumière qui tombe sur eux, et qu'ils nous renvoient en la réfléchissant; mais elle tient aussi en partie à leur affinité pour elle; car tantôt ils la réfléchissent complètement, tantôt ils l'absorbent en entier, avec dégagement de chaleur, ou bien ils la réfléchissent et l'absorbent en partie, et tantôt ils la laissent passer tout entière, tantôt ils ne laissent passer que certains rayons et absorbent les autres. Un corps blanc est celui qui réfléchit toutes les espèces de lumière colorée à la fois; un corps noir, celui qui les absorbe tous et n'en réfléchit aucun; un corps coloré, celui qui absorbe ou laisse passer certains rayons colorés de la lumière blanche et réfléchit les autres. Un corps transparent incolore laisse passer toutes les sortes de rayons, qui, à leur sortie, conservent l'aspect de lumière blanche, et il ne réfléchit qu'une très-petite partie de tous ces rayons. Un corps transparent coloré absorbe certains rayons de la lumière, et laisse passer les autres à travers sa substance. On peut démontrer expérimentalement que la couleur des corps opaques tient à ce qu'ils absorbent certains rayons de la lumière et en réfléchissent d'autres.

Quand des corps colorés qui réfléchissent les rayons a , viennent à être éclairés par une autre lumière colorée absolument homogène, ils ne sont point en état de réfléchir cette dernière, qu'ils absorbent, et paraissent en conséquence totalement incolores. La mèche d'une lampe à esprit de vin, qu'on a im-

prégnée de sel marin, donne une lumière jaune homogène, d'après la remarque de Brandes; vus à cette lumière, tous les objets colorés paraissent sans couleur, à l'exception de ceux qui sont jaunes. Cependant, la plupart du temps, la lumière colorée n'est point homogène, et contient de la lumière blanche, indépendamment de celle d'une teinte particulière qui y prédomine. Les corps colorés transparens, tantôt paraissent d'une teinte différente par réflexion et par transmission, tantôt offrent la même dans les deux cas. Le même nuage peut paraître bleuâtre par réflexion, et jaune ou orangé par transmission; dans le premier cas, il laisse passer les rayons jaunes et rouges, que nous ne voyons pas, et nous envoie les bleus, qu'il réfléchit; dans le second, nous voyons les rayons orangés transmis, et non les bleus, qui sont réfléchis. Brandes explique de cette manière la teinte tantôt bleuâtre, tantôt aurore de l'atmosphère. Quand le temps est beau, l'atmosphère paraît bleuâtre à l'est, où elle nous réfléchit la lumière bleue, laissant passer la jaune et la rouge, que nous ne voyons pas; mais elle est orangée à l'ouest, où elle laisse passer la lumière jaune et rouge, qui nous arrive, tandis qu'elle réfléchit la bleue. C'est par la même raison qu'un verre laiteux bleuâtre semble d'un rouge de feu quand on le regarde à contre-jour. D'autres corps transparens ont la même couleur par transmission et par réflexion; ils réfléchissent une partie d'une lumière colorée *a*, tandis qu'ils laissent passer une partie de cette même lumière, et ils absorbent complètement les autres rayons colorés.

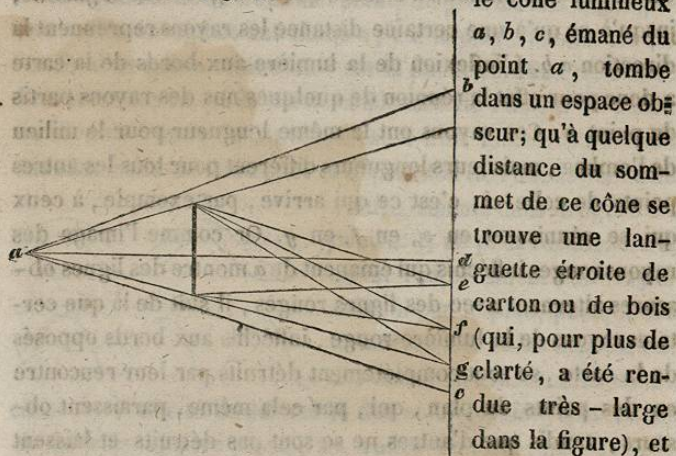
C. Couleurs par interférence des rayons lumineux.

La théorie newtonienne des couleurs n'est point renversée par les phénomènes qu'on explique au moyen du principe, découvert par Th. Young, de l'interférence des rayons lumineux, ou de l'action des ondes lumineuses les unes sur les autres. Comme de nombreux phénomènes de coloration, dont on avait eu jusqu'alors beaucoup de peine à se rendre compte,

sont redevables de leur origine à cette loi, il est nécessaire, pour compléter l'histoire des couleurs physiques, d'exposer les principaux points de la théorie de l'interférence et des couleurs produites par elle.

La propriété d'agir réciproquement les uns sur les autres, que Young a découverte dans les rayons lumineux, consiste en ce que deux de ces rayons, qui partent d'un point, et qui parviennent à un autre point en suivant des voies peu différentes et sous un très-petit angle de convergence, acquièrent une faculté d'illumination plus intense dans certaines circonstances, et perdent entièrement cette faculté dans d'autres conditions. Cette action réciproque qu'ils exercent les uns sur les autres, est ce qu'on nomme interférence. Supposons que

Fig. 21.



que *bc* soit un plan recevant l'ombre. Si la lumière qui part de *a*, est d'une seule couleur, par exemple de la couleur prismatique rouge, au lieu d'une ombre simple sur la paroi *bc*, il se projette une série de lignes alternativement colorées et obscures, dont les premières ont la même teinte que le cône lumineux. Si l'on rapproche beaucoup du corps le plan *bc*, l'ombre est pure, bien dessinée et sans lignes; si on l'éloigne,

il se développe plus ou moins de ces lignes. La ligne médiane, en *d*, est colorée. Le phénomène des lignes claires et obscures cesse aussitôt qu'on reçoit la lumière sur l'un des bords d'une carte, de manière qu'elle n'arrive point, de ce côté, jusqu'au plan *b c*. Ceci prouve que le phénomène ne dépend pas de l'influence de la lumière sur les bords, mais de l'action mutuelle des rayons qui passent au devant des bords opposés. Mais que ces rayons se rencontrent derrière la carte, c'est ce qui résulte des lois de l'inflexion à laquelle la lumière est soumise, quand elle passe immédiatement au bord des corps. En effet, le bord de la carte au devant duquel les rayons passent, les infléchit de la direction *ab* en celles *g*, *f*, *e*, *d*. L'inflexion la plus forte est celle des rayons les plus rapprochés du bord; elle diminue à mesure que l'éloignement augmente, jusqu'à ce qu'à une certaine distance les rayons reprennent la direction *ab*. L'inflexion de la lumière aux bords de la carte a donc pour effet la réunion de quelques uns des rayons partis du point *a*. Ces rayons ont la même longueur pour le milieu de l'ombre; mais leurs longueurs diffèrent pour tous les autres points de celle-ci; c'est ce qui arrive, par exemple, à ceux qui se réunissent en *e*, en *f*, en *g*. Or comme l'image des rayons rouges infléchis qui émanent de *a* montre des lignes obscures alternant avec des lignes rouges, il suit de là que certains rayons de la lumière rouge, infléchis aux bords opposés de la carte, se sont complètement détruits par leur rencontre en des points du plan, qui, par cela même, paraissent obscurs, tandis que d'autres ne se sont pas détruits et laissent paraître la couleur rouge.

On peut aussi démontrer le phénomène, comme l'a fait Fresnel, en se servant de deux miroirs inclinés l'un sur l'autre d'un très-petit angle pour amener à l'interférence les rayons lumineux émanés d'un point, de manière à remplacer par la réflexion ce qui, dans le cas précédent, était produit par l'inflexion.

L'explication de ce phénomène est facile à donner d'après la théorie de l'ondulation. La lumière rouge n'est point détruite au point *d*; là coïncident des rayons d'égale longueur de cette lumière, qui ont parcouru un nombre égal d'ondes depuis *a* jusqu'à *d*; les rayons qui coïncident en *e*, *f*, *g*, ont des longueurs inégales, et ils ont parcouru un nombre inégal d'ondes jusqu'à leur rencontre. Tous ces rayons interférens d'inégale longueur, ou se détruisent, ou se renforcent. La différence de longueur des rayons qui coïncident en *e* peut être plus petite ou plus grande que la largeur d'une onde de la lumière rouge, laquelle onde se compose d'une partie condensée et d'une partie raréfiée. Si un rayon a parcouru jusqu'à *e* une onde entière de plus que l'autre pour arriver au même point, les deux ondes ne se troublent point, d'après les lois qui régissent tout mouvement ondulatoire, car la partie condensée de l'onde d'un rayon tombe en *e* sur la partie raréfiée de l'onde d'un autre rayon, ou la partie condensée de l'un sur la partie raréfiée de l'onde de l'autre, c'est-à-dire l'intumescence de l'une sur celle de l'autre, et la dépression de l'une sur celle de

l'autre, comme dans la figure ci-contre. Il ne peut résulter de là qu'un renforcement du rayon réfléchi par le plan, puisque les intumescences et les dépressions des ondes se couvrent. La même chose arrivera si la différence des nombres des deux ondes est de trois, quatre, cinq, six ondes entières; car, dans ce cas, les intumescences coïncideront toujours avec les intumescences, et les dépressions avec les dépressions. Si, au contraire, l'un des rayons qui arrivent ensemble à un point n'a fait que la moitié d'une onde entière de plus que l'autre, ou si la dépression de l'un coïncide avec la moitié condensée ou l'intumescence de l'autre, comme dans la figure ci-

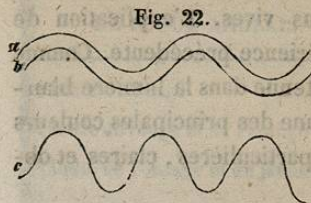


Fig. 23. jointe, la raréfaction d'une des ondes et l'intumescence de l'autre se détruiront réciproquement, et le point paraîtra obscur. Si les différences des nombres des deux rayons sont plus petites qu'une onde entière, mais plus grandes qu'une demi-onde, ou plus grandes qu'une onde entière, mais plus petites que deux, les mouvements des deux rayons se troubleront plus ou moins. On voit sans peine comment ces phénomènes devaient fournir l'occasion de trouver, à l'aide du calcul, la largeur des ondes lumineuses pour les différentes couleurs. Au reste, les lignes obscures et claires varient de situation suivant l'espèce de lumière colorée sur laquelle on expérimente.

Dans le cas dont il vient d'être question, les rayons lumineux amenés à l'interférence étaient de la lumière colorée homogène, qui partait d'un point. En se servant de la lumière blanche, on voit apparaître les phénomènes de coloration dont il s'agit pour notre but. Au lieu de bandes homogènes alternativement colorées et obscures, on en aperçoit qui brillent des couleurs homogènes les plus vives. L'explication de celles-ci a été donnée pour l'expérience précédente. Comme les ondes de chaque couleur contenue dans la lumière blanche ont une largeur inégale, chacune des principales couleurs de cette lumière aura ses bandes particulières, claires et obscures, diversement placées.

C'est du principe de l'interférence qu'il est le plus facile de dériver les couleurs qu'on observe dans les lames minces de corps à structure feuilletée, et sur les surfaces couvertes de sillons très-fins. On sait que la surface antérieure ou la surface postérieure d'un corps transparent réfléchit de la lumière. Un rayon qui tombe perpendiculairement sur une mince lamelle transparente est réfléchi en partie par la face antérieure, en partie par la face postérieure; la dernière et la

première parties de ce rayon coïncident ensemble dans la réflexion, et doivent donner lieu à un phénomène d'interférence si la différence des chemins qu'elles parcourent est très-petite. La même chose arrive à des rayons qui tombent obliquement; car avec le rayon réfléchi par la face antérieure coïncide la partie de quelque autre rayon réfléchi par la face postérieure, et il y a là interférence. On explique aussi de cette manière les couleurs qui se remarquent sur des surfaces finement striées; c'est donc là que se rapportent les iridations des lamelles du mica, du verre en feuille, des bulles de savon, de la nacre de perle, etc.

En terminant ces remarques, je donnerai les longueurs et la vitesse des ondes lumineuses pour les diverses couleurs, telles que Herschel les a calculées d'après des phénomènes d'interférence.

LONGUEUR DES ONDES EN MILLIONIÈMES DE POUCE ANGLAIS.	NOMBRE DES ONDES PAR POUCE.	NOMBRE DE BILLIONS DE VIBRATION PAR SECONDE.
Limite du rouge 26,6	37640	458
Limite du rouge et de l'orangé 24,6	40720	495
Limite de l'orangé et du jaune 23,5	42510	517
Limite du jaune et du vert 21,9	45600	555
Limite du vert et du bleu 20,3	49320	600
Limite du bleu et de l'indigo 18,9	52910	644
Limite de l'indigo et du violet 18,1	55240	672
Limite du violet extrême 16,7	59750	727