

Optique

idem

ISAAC NEWTON

Optique

Traduit de l'anglais par Jean-Paul Marat
(1787)

Présenté par Michel Blay

DUNOD

Une précédente édition de cet ouvrage,
préfacée par Françoise Balibar,
a été publiée aux éditions Christian Bourgeois
dans la collection
« Épistémè Classiques » sous la direction
de Stéphane Deligeorge.

Illustration de couverture © Keo-Fotolia.com

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du

droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2015

5 rue Laromiguière, 75005 Paris
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-071679-1

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^o et 3^o a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Présentation

Études sur l'optique newtonienne

par Michel BLAY

« Empirisme et rationalisme peuvent se tourner le dos, expérience et raison coopèrent ».

(Léon Brunschvicg, *Héritage de mots, héritage d'idées*, P.U.F., 1945, p. 23).

Isaac Newton (1) est né en 1642, à Woolsthorpe en Angleterre, la même année qui a vu la mort de Galilée (1564-1642). Peu de temps avant sa naissance, le père de Newton était décédé. Aussi, toute son enfance s'est-elle déroulée dans une atmosphère essentiellement féminine. Ses études supérieures commencent lorsqu'en 1661, il entre au Trinity College de Cambridge. Il devient Scholar en 1664, et c'est l'année suivante qu'il obtient le titre de Bachelor of Arts.

De ces premières années passées à Cambridge, nous conservons en partie la trace de ses lectures et de ses recherches par divers carnets de notes. Il y consigne remarques et réflexions (2). Il médite entre autres sur les travaux de Johannes Kepler (1571-1630), principalement en optique (3), sur Euclide (4), sur les *Dialogo* de Galilée (5), sur la *Géométrie* et les *Principes* de René Descartes (1596-1650) (6), sur les écrits de Henry More (1614-1687) (7), sur l'*Arithmetica Infinitorum* (Oxford, 1656) de John Wallis (1616-1703) (8). Il s'attache aux études, en rapport avec le renouveau de l'atomisme, de Walter Charleton (1619-1707) sur Épicure et Pierre Gassendi (1592-1655) (9). Il cite également à plusieurs reprises Aristote, en particulier son *Organon* (10). Il annote les dernières publications des grands savants anglais Robert Boyle (1627-1691) et Robert Hooke (1635-1703) (11).

En juin 1665, Newton quitte Cambridge pour son Lincolnshire natal, l'épidémie de peste qui va ravager l'Angleterre jusqu'en 1666 ayant conduit à la fermeture de l'Université. C'est au cours des mois suivants que Newton, alors à l'écart des obligations académiques, pose les bases de ses plus grandes découvertes en mathématiques, en optique et en mécanique céleste. Celles-ci, encore à l'état d'ébauche, n'acquerront que très progressivement leur forme définitive. Néanmoins, ces quelques mois apparaissent bien comme les plus féconds de la vie de Newton. Aujourd'hui, cette période, à cheval sur les années 1665 et 1666, est souvent dénommée *l'Annus Mirabilis*.

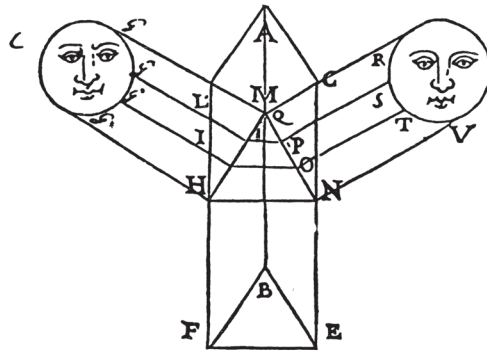
Genèse de l'optique newtonnienne

Ainsi, les premiers travaux de Newton concernant la genèse des phénomènes de la couleur apparaissent dans des carnets de notes rédigés principalement entre 1664 et 1666 (12). À cette époque, les théories en usage invoquent encore très largement les thèses aristotéliennes. Celles-ci considèrent la lumière blanche comme pure et homogène tandis que les couleurs, caractérisées par leur éclat ou leur force, naissent d'une modification (atténuation ou obscurcissement) de la lumière incidente. La succession des couleurs est produite lorsque la lumière devient plus faible ou plus sombre : le rouge, couleur éclatante par excellence, contient plus de blanc et moins de noir que les autres couleurs, le vert plus de noir et

moins de blanc que le rouge, et le violet encore plus de noir. Une telle conception dénuée de tout support quantitatif susceptible de préciser le sens des concepts de force et de faiblesse, d'obscurité et de luminosité, ne trouve son fondement, son intelligibilité, qu'en se référant directement aux impressions perçues par nos sens, à la manière dont subjectivement nous nous sentons affectés par telle ou telle couleur (13).

Trois exemples permettent d'illustrer le sens de cette théorie et d'en préciser les diverses formes (14).

Ainsi, Giambattista della Porta (1535-1615) décrit ses expériences, avec un prisme dans la proposition 26 de son *De Refractione Optices Parte Libri Novem* (Neapoli, 1558).



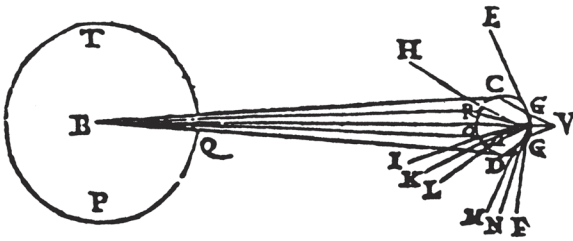
L'expérience du prisme dans le *De Refractione*
(Livre IX, proposition 26, p. 223).

Dans son texte, Porta stipule clairement que les couleurs dépendent de l'épaisseur du cristal traversé par la lumière, c'est-à-dire du degré de subtilité ou de finesse de la matière : les couleurs les plus vives (le rouge et le jaune) apparaissent vers le sommet, et les plus sombres (le vert et le bleu) vers la base. Par ailleurs, d'après son schéma, la lumière ne semble subir aucune dispersion (15).

Une analyse tout à fait semblable est donnée par Marco Antonio de Dominis (1566-1624) dans son *De Radiis Visus et Lucis in Vitris Perspectivis et Iride Tractatus* (Venetiis, 1611) :

« Nous pouvons dire qu'il y a trois couleurs intermédiaires. La première incorporation d'opacité qui assombrit d'une certaine quantité le blanc, engendre le rouge, et cette dernière est la plus lumineuse (*maxime lucidus*) des couleurs intermédiaires réparties entre les deux extrêmes, le blanc et le noir, comme cela apparaît de façon manifeste dans l'expérience du prisme (*in vitro oblongo triangulari*) ; les rayons du soleil qui pénètrent dans la partie la plus proche du sommet, dans celle qui a la moindre épaisseur et par là même le moins d'opacité, émergent rouge ; ensuite, pour une épaisseur plus importante, apparaît le vert et enfin, le violet pour l'épaisseur maximale... et ainsi suivant l'épaisseur du verre, l'assombrissement augmente ou diminue... si l'opacité augmente apparaît le violet ou le bleu qui est la couleur la plus obscure (*maxime obscurus*) des couleurs intermédiaires... les autres couleurs résultent du mélange des précédentes. » (16)

Cette analyse permet à De Dominis, comme à de nombreux contemporains, de rendre compte de la genèse des couleurs de l'arc-en-ciel :

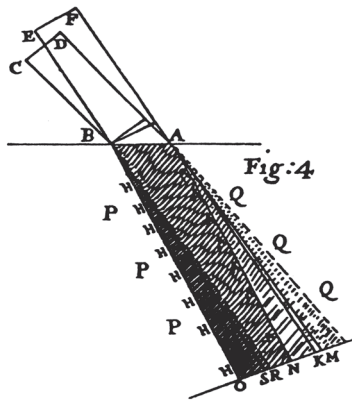


La formation du premier arc et du deuxième
(*De Radiis Visus et Lucis*, chap. IV, 14).

« Nous disons que le rayon GF est plus lumineux puisqu'il traverse la plus petite épaisseur de la goutte A, mais le rayon suivant GN est un peu plus obscur puisque son trajet est un petit peu plus important dans A, et alors le rayon GM est encore plus, obscur puisqu'il traverse une épaisseur encore plus grande. C'est pourquoi GF sera rouge, GN vert, GM pourpre. Cela, les expériences le confirment » (*De Radiis Visus et Lucis*, 56).

Au cours du XVII^e siècle, apparaissent des recherches influencées par les thèses de la philosophie mécaniste et les travaux de Descartes. Ces recherches reprennent implicitement, dans le cas des théories de la couleur, à travers la mise en place de modèles mécaniques explicatifs, les conceptions traditionnelles.

Ainsi, en 1664, Robert Hooke imagine dans sa *Micrographia* (17) qu'au cours de la réfraction une obliquité apparaît dans la partie de l'impulsion originellement normale à la direction de propagation de la lumière ; la notion de front d'onde ne sera précisée que par Christiaan Huygens (1629-1695) en 1690 (18). C'est cette obliquité qui, du point de vue de la philosophie mécaniste, permet à Robert Hooke d'expliquer la genèse des couleurs, d'en rendre compte pour lui rationnellement (19) :



**Genèse des couleurs dans un milieu transparent après une réfraction
(*Micrographia*, planche face à la p. 60).**

« ... Par conséquent, si nous envisageons la façon dont progresse l'impulsion, il semblera rationnel de conclure que cette partie ou extrémité de l'impulsion qui devance l'autre, doit nécessairement être quelque chose de plus écrasé ou entravé par la résistance du milieu transparent, que l'autre partie ou extrémité de l'impulsion qui est en arrière, et dont le chemin est, comme il se doit, préparé par la première ; tout particulièrement, si le milieu adjacent n'est pas illuminé ou agité de la même manière. Et, par

conséquent (quatrième figure de la sixième planche), le rayon AAAHB aura son côté HH plus amorti par la résistance du milieu sombre ou tranquille PPP, d'où je conclus qu'il y aura sur le côté HHH une sorte d'engourdissement très favorisé, lequel augmentera continuellement à partir de B et pénétrera de plus en plus à l'intérieur du rayon suivant la ligne BR ; d'où je conclus que toutes les parties du triangle RBHO seront d'une couleur bleu foncé, et d'autant plus foncé qu'elles seront plus proches de la ligne BHHH, laquelle est la plus amortie ou entravée, et d'un bleu d'autant plus atténué qu'elles seront proches de la ligne BR. Ensuite, de l'autre côté du rayon AAN, l'extrémité A de l'impulsion AH sera favorisée ou rendue plus forte ayant son passage toujours préparé par les autres parties qui la précèdent, et son impression sera plus forte ; et, du fait de son obliquité par rapport au rayon, il y aura, à l'intérieur du milieu sombre ou tranquille QQ, une sorte de mouvement alangué, mouvement alangué qui se répandra de plus en plus à l'intérieur de QQ, tandis que le rayon se propagera de plus en plus à partir de A, c'est-à-dire suivant la ligne MA, d'où je conclus que tout le triangle MAN sera teinté de rouge, et que ce rouge sera d'autant plus foncé qu'il se rapprochera de la ligne MA, et le plus pâle ou jaune, d'autant qu'il se rapprochera de la ligne NA. Et si le rayon est prolongé de telle sorte que les lignes AN et BR (qui sont les limites du rouge et du bleu atténué) se rencontrent et se croisent vraiment, alors toutes sortes de vert seront produites au-delà de cette intersection.

Maintenant, ceci constituant les propriétés de chaque rayon réfracté de lumière, il est assez aisé d'envisager ce qui doit résulter d'un très grand nombre de rayons concomitants : comme si nous supposions une infinité de ces rayons intermédiaires s'étendant entre AKSB et ANOB, qui en sont les extrémités : car, dans ce cas, le rayon AKSB aura son triangle entièrement rouge puisque se trouvant auprès du milieu sombre ou tranquille, mais de l'autre côté, BS n'aura pas de bleu parce que le milieu SBO adjacent à ce dernier est agité ou illuminé, et que, conséquemment (à sa nature) la lumière anéantit effectivement la couleur. De même, le rayon ANOB perd sa couleur rouge car le milieu adjacent est agité ou illuminé, mais l'autre côté du rayon qui est contigu avec l'obscurité, c'est-à-dire AHO, préservera entièrement sa couleur bleue, et ces rayons pourront être produits jusqu'à ce que AN et BR se coupent, avant qu'il

n'y ait du vert engendré. Sur la base de ces propriétés bien considérées, les causes de tous les phénomènes du prisme et des globules ou gouttes d'eau, lesquels permettent la genèse de l'arc-en-ciel, peuvent être déduites. » (20)

Dans ce dernier exemple, les considérations subjectives attachées à la façon dont nous sommes affectés par les couleurs sont associées à un modèle mécanique ; ce sont ces considérations subjectives qui fondent véritablement l'intelligibilité du modèle mécanique.

Ce cadre explicatif général est largement partagé sous diverses formes par les contemporains de Newton (21). Il lui fournit le terreau dans lequel vont pouvoir s'enraciner ses recherches initiales.

Celles-ci nous sont retracées dans un de ses premiers carnets de notes dont la partie concernant les couleurs a dû être rédigée au plus tard probablement au cours du printemps de l'année 1665 (22).

Newton s'engage dans une analyse approfondie du phénomène que nous dénommons aujourd'hui d'iridescence apparaissant à la limite de deux zones de luminosité différente observées au travers d'un prisme :

« Des couleurs.

Voir si deux prismes, l'un envoyant du bleu sur le rouge de l'autre, ne produisent pas du blanc.

Si abdc est blanc et cdsr noir, alors eodc est rouge

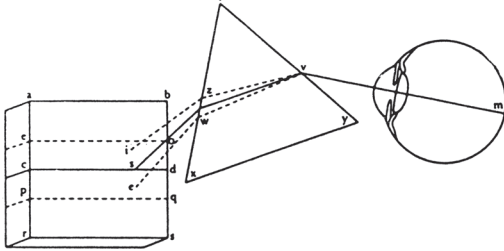
Si abdc est noir et cdsr blanc, alors eodc est bleu

Si abdc est bleu et cdsr blanc, alors eodc est bleuté.

Blanc	bleu	rouge
Noir	bleu	bleuté

Si abdc est bleu et cdsr noir, alors eodc est vert ou rouge

Noir	rouge	bleu
Rouge	noir	rougeâtre



Si abcd est rouge et cdsr blanc, alors eodc est bleu

Blanc	rouge	rougeâtre
blanc	blanchâtre	bleu
blanchâtre	blanc	rouge
noir	noirâtre	vert ou rouge sombre
noirâtre	noir	bleu

Plus uniformément les globules meuvent les nerfs optiques, plus les corps semblent être colorés en rouge, jaune, bleu, vert, etc., mais plus ils les meuvent de diverses manières, plus les corps apparaissent blanc, noir ou gris » (23).

Puis, guidé par une conception corpusculaire de la lumière (24), Newton parvient dans ce texte à une interprétation qui associe un modèle hétérogène de la lumière blanche (les corpuscules constituant les rayons incidents possèdent soit des vitesses, soit des masses ou grandeurs différentes) et un processus de la genèse des couleurs qui se situe dans le prolongement direct de la version mécaniste des théories de la modification (il est important de constater que la célèbre expérience du prisme de Newton ne figure pas dans ce manuscrit) :

« 1. Remarquons que les rayons se déplaçant lentement sont plus réfractés que les rapides.

2. Si abcd est ombragé et cdsr blanc, alors les rayons lents provenant de cdqp seront réfractés comme s'ils étaient venus de eodc de sorte que les rayons se déplaçant lentement étant séparés des rapides par la réfraction, alors apparaîtront deux sortes de couleurs, à savoir : à partir des rayons lents, le bleu, couleur ciel, et pourpre, à partir des rapides le rouge et le jaune [] et à partir de ceux qui ne se déplaçaient ni très vite ni très lente-

ment, le vert, mais à partir des rayons mélangés lents et rapides surgirent un gris-blanc et un noir. D'où cdqp n'apparaîtra pas rouge à moins que qsrp ne soit sombre puisqu'il y a autant de rayons lents venant de cdqp et qui sont réfractés comme s'ils venaient de eodc ; ainsi, de nombreux rayons lents viennent de qsrp et sont réfractés comme s'ils venaient de dqpc à moins que qsrp soit plus sombre que dqpc.

3. Que les rayons qui engendrent le bleu soient plus réfractés que les rayons qui engendrent le rouge, cela apparaît de l'expérience suivante. Si une moitié d'un fil abc est bleue et l'autre rouge et qu'une ombre ou un corps noir soit situé derrière, alors en regardant le fil à travers un prisme, une moitié de celui-ci apparaîtra plus élevée que l'autre, les deux moitiés n'étant pas suivant une même ligne droite du fait de l'inégale réfraction des différentes couleurs.

4. D'où le rouge, le jaune, etc. sont engendrés dans les corps par l'arrêt des rayons se déplaçant le plus lentement sans entraver beaucoup le mouvement des rayons les plus rapides, et le bleu, le vert et le pourpre le sont par la diminution du mouvement des rayons les plus rapides et non des plus lents. Ou bien dans quelques corps toutes ces couleurs peuvent surgir du fait de la diminution du mouvement de tous les rayons suivant une plus ou moins grande proportion géométrique, car ainsi il y aura moins de différence dans leurs mouvements qu'autrement.

5. Si les particules dans un corps n'ont pas un assez grand pouvoir élastique pour renvoyer tout le mouvement des rayons, alors le corps peut être coloré de façon plus lumineuse ou plus sombre suivant que la force élastique des parties du corps est plus ou moins grande.

6. S'il y a des particules détachées dans les pores d'un corps telles qu'elles les rendent très étroits ou, d'une autre façon, entravent la force élastique de la matière subtile par laquelle les mouvements des rayons sont conservés, ce corps peut avoir quelque couleur etc.

7. [...] Et les corps pleins de tels passages étroits dans leurs pores doivent être de couleur sombre comme les verres bleus dont les pores peuvent être réduits par les particules détachées et trop grosses de la teinture répandue en eux. Mais si ce pore était suffisamment grand pour que les particules OS se déplaçant lentement perdent en le traversant une partie ou tout leur mouvement, tout en laissant s'échapper librement les plus rapides, alors les couleurs seront rouges, jaunes, etc. comme cela peut arriver dans

le verre dont les pores sont pleins de plus petites particules de teinture que ne le sont les pores du verre bleu.

8. Quoique deux rayons soient aussi rapides si l'un des deux est moindre que l'autre, ce rayon aura moins d'action sur le *sensorium* de la même façon que s'il a un moindre mouvement que les autres, etc. D'où en supposant qu'il y ait des particules détachées dans les pores d'un corps en rapport avec les plus grands rayons comme 9 à 12 et que les moindres globules soient vis-à-vis des plus grands dans le rapport de 2 à 9, alors le plus grand globule entrant en collision avec une telle particule perdra les $\frac{6}{7}$ ^e des parties de son mouvement, les moindres globules perdront les $\frac{2}{7}$ ^e des parties de leur mouvement, et le mouvement restant des globules sera quasiment dans le même rapport que le sont leurs quantités à savoir $\frac{5}{7} : \frac{1}{7} :: 9 : 1 \frac{4}{5}$, ce qui est à peu près deux fois le plus petit globule, et un tel corps peut engendrer les bleus et les pourpres. Mais si les particules sur lesquelles se réfléchissent les globules sont égales au moindre globule, il perdra son mouvement et le plus grand globule perdra les $\frac{2}{11}$ ^e des parties de son mouvement et un tel corps peut être rouge ou jaune.

[...] » (25).

À cette époque, la position de Newton reste donc, du point de vue de la genèse des couleurs, dépendante des conceptions traditionnelles. D'ailleurs, à l'automne 1665, Newton s'attache encore, comme ses contemporains, à tailler des verres de forme autre que sphérique pour résoudre le délicat problème de l'achromatisme des lentilles (26).

Cependant, au début de l'hiver 1666, Newton est sans doute en possession de l'essentiel de sa théorie des couleurs (27). C'est donc entre ces deux périodes, alors qu'il était probablement en train de tailler des verres, qu'il a conçu son hypothèse définitive rapportant le problème de la convergence des rayons à la nature même des rayons : il n'y a pas de surface susceptible de permettre à tous les rayons de converger en un foyer, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de telle surface si la lumière est un mélange hétérogène de rayons différemment réfringibles.

Cette nouvelle hypothèse va constituer pour Newton un guide privilégié ouvrant la voie à une étude renouvelée des phénomènes de la lumière et des couleurs. Cette étude est consignée dans un autre Carnet de notes dont la partie concernant les couleurs a dû être rédigée entre 1666 et 1668 et plus probablement vers 1666 (27).

Newton reprend en premier lieu, dans un style dégagé des conceptions relatives à la théorie de la modification, certaines des expériences de Robert Boyle contenues dans ses *Experiments and Considerations Touching Colours* (London, 1664). Newton écrit :

« 1. Les rayons réfléchis par une feuille d'or sont jaunes, mais ceux qui sont transmis sont bleus comme cela apparaît en tenant une feuille d'or entre l'œil et une chandelle.

2. Le *Lignum Nephriticum* émincé et [...] infusé [...] réfléchit les rayons bleus et transmet les jaunes [...].

3. Les morceaux plats de divers types de verre présentent le même phénomène que le *Lignum Nephriticum*. Et ces phénomènes de l'or et du *Lignum Nephriticum* sont reproduits par le prisme dans la 37^e expérience ainsi que dans les 22^e et 24^e expériences.

4. Mais en général, les corps qui apparaissent d'une certaine couleur à l'œil apparaissent de la même couleur dans toutes les positions.

5. La teinture du *Lignum Nephriticum* peut être dépossédée de sa couleur bleue sans qu'aucune altération du jaune n'ait lieu en mélangeant un peu de sel d'acide. Et les sels sulfureux (soit d'urine [...] soit de lessive [...]) restaurent vraiment la couleur bleue sans provoquer de modification dans la jaune. » (28)

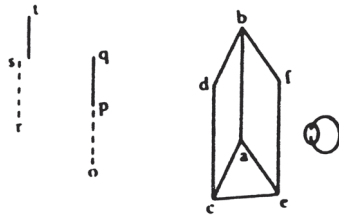
Ces comptes rendus expérimentaux, comparés en particulier à ceux donnés par Boyle des mêmes expériences, sont très instructifs. Boyle par exemple, après avoir indiqué qu'une feuille d'or très fine apparaissait comme « pleine de pores », décrit le changement de couleur observé lors de la transmission de la lumière dans les termes suivants : « Mais la lumière qui traversait ces pores était, lors de son passage, si tempérée par de l'ombre et modifiée, que l'œil ne discernait plus une couleur or, mais une couleur bleu-vert » (29). La comparaison des deux comptes rendus expérimentaux de Newton et de Boyle souligne une différence radicale dans les perceptions du même phénomène par les deux savants. Si Newton perçoit, d'une part, des rayons réfléchis jaunes et, d'autre part, des rayons transmis bleus, Boyle perçoit dans la lumière transmise, non pas des rayons d'une nature spécifique, mais de la lumière blanche modifiée et altérée dans sa nature par un mélange d'ombre. Boyle et Newton ne voient plus la même chose lorsqu'ils observent leurs feuilles d'or. Des remarques identiques peuvent

être faites à propos du deuxième paragraphe du texte de Newton puisque Boyle écrit dans ses *Experiments and Considerations Touching Colours* : « Je conjecturai que la teinte prise par ce bois devait provenir de quelques parties plus subtiles de ce dernier, arrachées par l'eau, lesquelles nageant dans un mouvement de va-et-vient modifiaient vraiment la lumière, de sorte qu'elle présentait telle ou telle couleur. » (30)

Cependant, c'est véritablement en décrivant les résultats fondamentaux de ses travaux sur le prisme, que Newton rompt de la façon la plus nette avec les analyses classiques (nous pouvons noter que Newton, comme il le fera encore dans l'*Opticks* de 1704, reprend, en prélude à l'analyse du spectre coloré, l'expérience du ruban bicolore, mais en lui assignant maintenant, contrairement au passage du premier carnet de notes, toute sa portée) (31) :

« Expériences avec le prisme.

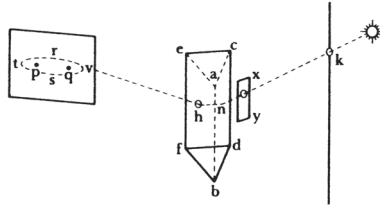
6. Sur un morceau de papier noir, je traçai une ligne opq, dont la moitié op était d'un beau bleu et l'autre pq d'un beau rouge sombre (choisi à la suite d'un examen de couleurs). Et observant le trait à travers un prisme adf, il m'apparut brisé en deux entre les couleurs, la partie bleue rs étant plus proche de la crête ab du prisme que la partie rouge. Ainsi, les rayons bleus subissent une plus importante réfraction que les rouges.



Notons (j'appelle bleu ou rouge etc. les rayons qui engendrent le phantasme de telles couleurs). La même expérience peut être réalisée avec un ruban de deux couleurs tenu contre une surface sombre.

7. Prenant un prisme (dont l'angle fbd était d'environ 60 g) à l'intérieur d'une pièce sombre dans laquelle pénètre par un petit trou k un peu de lumière solaire, et le plaçant près du trou k, de telle sorte que les rayons étant également réfractés en nh, à leur entrée et sortie, jettent leurs couleurs rstv sur le mur opposé. Les couleurs auraient dû se présenter sous

la forme d'un cercle où tous les rayons auraient été réfractés, mais leur forme était oblongue, limitée sur leurs côtés rs par des lignes droites ; leur largeur rs étant de $\frac{1}{3}$ pouce, leur longueur tv d'environ 7 ou 8 pouces et les centres du rouge et du bleu (qp) étant distants d'environ $2\frac{3}{4}$ ou 3 pouces. La distance séparant le mur $irsv$ du prisme étant de 260 pouces.



8. Plaçant le prisme au milieu entre le trou k et le mur opposé, dans la même position, et posant une planche entre le trou k et le prisme près de ce dernier, laquelle planche était percée d'un petit trou de la même taille que le trou k (c'est-à-dire $\frac{1}{8}$ d'un pouce de diamètre) de sorte que les rayons passant à la fois par les deux trous jusqu'au prisme puissent être quasiment parallèles (faisant un angle de moins de 7 minutes, tandis que dans l'expérience précédente, certains rayons faisaient un angle de 31 minutes). Ensuite, la longueur et la largeur des couleurs sur le mur, cette dernière étant de toute façon la moitié de la première elle-même d'environ 2 pouces, c'est-à-dire $rs = \frac{3}{8}$ pouce, $tv = 2\frac{3}{4}$ pouces, et $pq = 1\frac{1}{4}$ pouce. De sorte que les rayons rouges et bleus qui étaient parallèles avant la réfraction pouvaient être considérés en général comme inclinés l'un par rapport à l'autre après réfraction (quelquefois plus, quelquefois moins) de 34 minutes. Et que certains d'entre eux étaient inclinés de plus d'un degré dans ce cas. Et par conséquent, si leurs sinus d'incidence (du verre dans l'air) étaient les mêmes, leurs sinus de réfraction seraient en général dans le rapport de 225 à 226, et pour les rayons les plus extrêmes rouges et bleus, ils seront comme 130 à 131. Car, par l'expérience, si leur angle d'incidence du verre dans l'air est de 30 gr, l'angle de réfraction des rayons rouges étant de 48 gr 35', l'angle de réfraction des rayons bleus sera de 48 gr 52' en général ; mais si les rayons sont extrêmement rouges et bleus, l'angle de réfraction des rayons bleus peut être supérieur à 49 gr 5' . » (32)

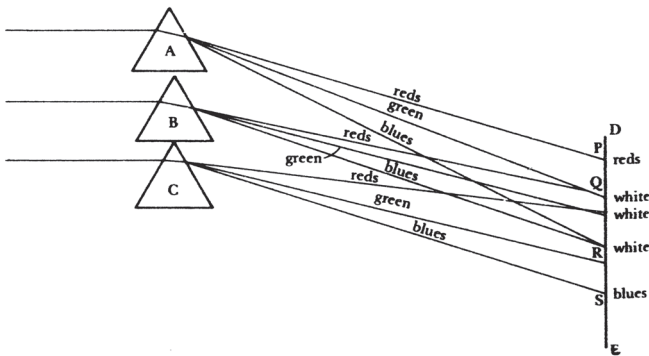
Les paragraphes 44 et 45 annoncent le célèbre *Experimentum crucis* qui n'apparaîtra sous sa forme définitive qu'en 1672 (33) :

« 44. En réfractant dans une pièce sombre (comme dans le cas de la septième expérience), les rayons par un prisme, et en tenant un autre prisme à environ 5 ou 6 yards du premier dans le but de faire subir une deuxième réfraction aux rayons, je constatai premièrement que les rayons bleus subissaient vraiment une plus grande réfraction avec le deuxième prisme que les rouges.

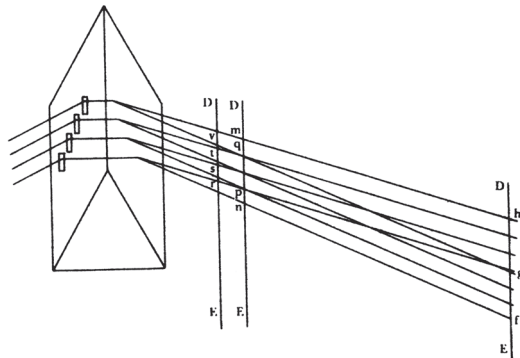
45. Et, deuxièmement, que les rayons purement rouges réfractés avec le second prisme n'engendraient pas d'autre couleur que du rouge, et que les bleus n'engendraient pas d'autre couleur que du bleu » (34).

Les paragraphes 46 et 47 proposent une expérience de recombinaison de la lumière blanche :

« 46. Si trois prismes ou plus A, B, C sont tenus dans le soleil de sorte que la couleur rouge du prisme B tombe sur la couleur verte ou jaune du prisme A, et que la couleur rouge du prisme C tombe sur la couleur verte ou rouge du prisme B, lesdites couleurs tombant sur le papier DE en P, Q, R, S, alors apparaîtront une couleur rouge en P et une bleue en S, mais entre Q et R, là où les rouges, les jaunes, les verts, les bleus et les pourpres des divers prismes sont mélangés ensemble, apparaît un blanc.



47. Ou si vous déposez sur une des faces d'un prisme un morceau de papier percé de plusieurs fentes a, b, c, d, parallèles aux arêtes du prisme, de sorte que la lumière traversant ces fentes engendrera des couleurs sur le papier DE ; si ledit papier est placé près du prisme, alors apparaîtra par chacune des fentes a, b, c, d, une ligne colorée r, s, t, v. Le papier se trouvant progressivement éloigné jusqu'à ce que lesdites lignes colorées se mélangent ensemble, alors apparaîtra du blanc entre p et q là où ces couleurs sont mélangées ; en m apparaissent des rouges et en n des bleus. Mais si le papier se trouve éloigné davantage, la couleur blanche (pq) représentera une zone de plus en plus étroite jusqu'à ce qu'elle disparaisse totalement, et alors l'un des côtés gh apparaît rouge et l'autre gf est bleu. » (35)



Le paragraphe 48 introduit une distinction entre les couleurs simples et celles obtenues par mélange :

« 48. De même que le blanc est produit par le mélange de toutes les sortes de couleurs (dans les 46^e et 47^e expériences), le vert est produit par un mélange de bleu et de jaune, le pourpre par un mélange de rouge et de bleu, etc. » (36)

Ce texte dont nous venons de citer quelques paragraphes essentiels constitue le premier exposé de la théorie newtonienne de la lumière et des couleurs (37).