

Newton et la naissance de la théorie des couleurs

par Claude Guthmann, professeur émérite de physique à
l'Université Paris-Denis Diderot (Paris VII)



Figure 1 : timbre allemand (1993) et signature d'Isaac Newton. Sur le timbre, on reconnaît la loi de la dynamique $\mathbf{F} = m\mathbf{y}$ (exprimée sous la forme $m\Delta v = F\Delta t$), ainsi que la décomposition spectrale de la lumière, dont il est question ici.

Cette lettre du 6 février 1672 constitue la première publication des découvertes de Newton sur la décomposition de la lumière blanche par le prisme et la théorie des couleurs qu'il a élaborée à partir de celles-ci.

Après avoir obscurci ma chambre et pratiqué un petit trou dans mes volets (...)

voici le décor planté par Newton pour son expérience et sa théorie sur la lumière et les couleurs. Il place alors un prisme en verre contre le trou et observe la réfraction de la lumière blanche sur le mur opposé. Il voit les couleurs dispersées et s'étonne de les voir former une figure oblongue ; il s'attendait, dit-il, à les voir circulaires, comme la forme du trou. En fait, ce qu'il voit est la somme d'une infinité d'images circulaires du soleil correspondant aux diverses « couleurs » dont nous savons qu'elles sont réfractées différemment par le prisme dans la

direction perpendiculaire à son arête. Si les couleurs étaient toutes réfractées de la même manière, en une image circulaire du trou, il n'y aurait pas de séparation des couleurs ! Et il observe un spectre coloré cinq fois plus long que large – une forme oblongue ou elliptique au lieu d'être circulaire.

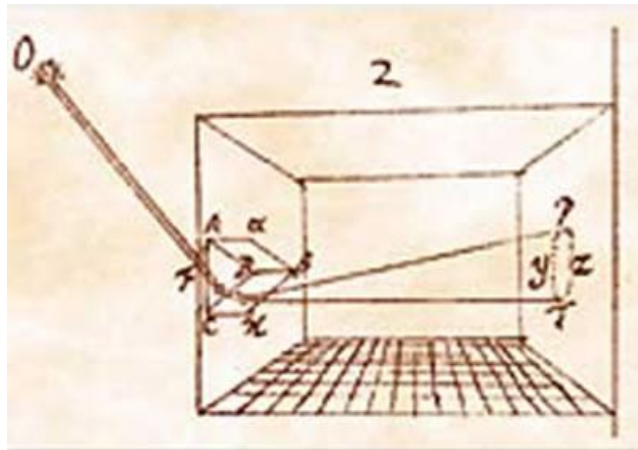
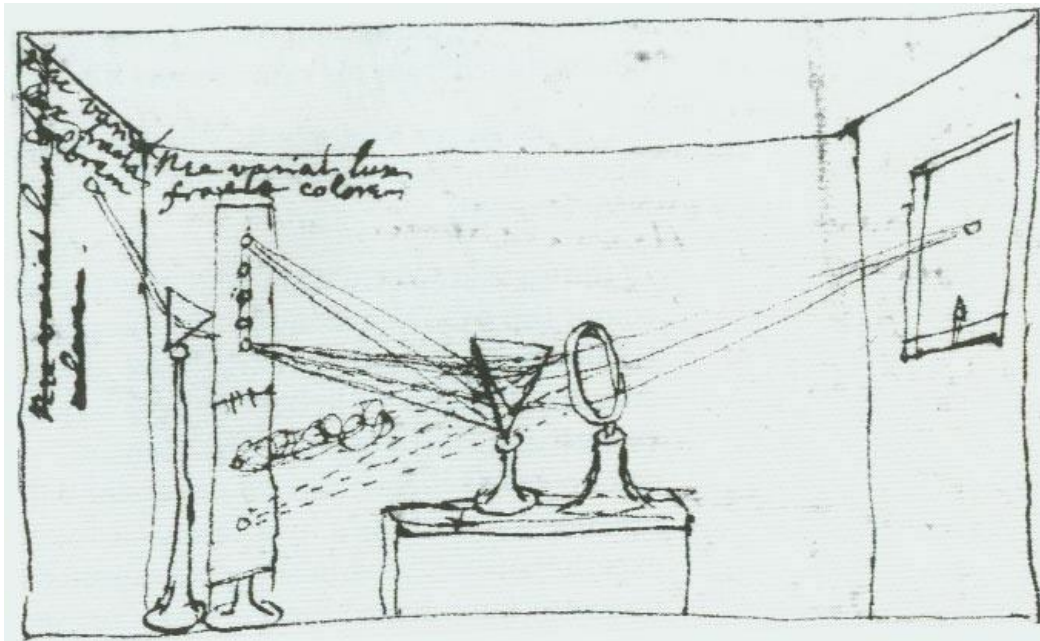


Figure 2 (ci-dessus) et 2bis (ci-dessous) : Dessins attribués à Newton.

Fig. 2 : C'est le schéma de l'expérience, le prisme est placé contre la fenêtre, et la tâche oblongue est observée sur le mur à droite.

Fig. 2bis : Le montage est un peu différent de celui de la lettre : le prisme est sur une table au lieu d'être placé contre le trou du volet, et l'image de celui-ci est renvoyée par une lentille sur le prisme. Sur l'écran à gauche, on voit aussi, entre les deux rayons extrêmes, la figure oblongue. La forme circulaire, correspondant au diamètre angulaire du Soleil (environ $\frac{1}{2}^\circ$, soit $30'$) se transforme en cette forme cinq fois plus longue ($2^\circ 49'$ soit presque 3°) (image Warden and Fellows, New College, Oxford)



Newton se met alors à chercher l'origine du phénomène. Il écarte les effets de géométrie du trou ou de variation d'épaisseur du verre :

J'avais du mal à penser que l'Épaisseur variable du verre, ou la terminaison en ombre ou obscurité puissent avoir tant d'influence sur la lumière pour produire un tel effet ; pourtant je n'écartai pas d'étudier en premier ces causes, et j'essayai ainsi de voir ce qui arrivait en envoyant la lumière à travers des morceaux de verre de différentes épaisseurs, ou à travers des trous de la fenêtre de diverses tailles, ou encore en disposant le Prisme de façon à ce que la lumière le traverse et soit réfractée avant de passer par le trou : mais je trouvai qu'aucune de ces causes n'étaient plausibles. L'apparence des couleurs était identique dans tous les cas.

Sa démarche suivante, pour tester que les couleurs aient pu être dilatées, soit par une irrégularité du verre, soit par une autre anomalie contingente, sera de prendre un deuxième prisme identique au premier et de le placer tête-bêche après celui-ci pour obtenir l'effet inverse. Et, en effet, le faisceau lumineux de sortie est alors identique à l'incident, non dispersé :

la lumière diffusée par le premier Prisme selon une forme oblongue fut réduite par le deuxième à une forme circulaire, comme si elle ne les avait pas traversés.

Il en conclut que,

quelle que fût la cause de cet allongement, ce n'était pas une irrégularité contingente.

Cela signifie en particulier que l'effet de séparation des couleurs n'a pas lieu pour un certain prisme et pas pour un autre. Nous dirions aujourd'hui que l'effet est reproductible.

Newton passe alors à une étude expérimentale plus quantitative. En mesurant les dimensions de l'image obtenue, il trouve que l'angle que sous-tend l'image dilatée des couleurs vaut $2^{\circ} 49'$ alors que l'angle qui sous-tend sa largeur et qui correspond au diamètre apparent du soleil vaut $31'$. Il calcule alors la réfraction de deux rayons provenant de points diamétralement opposés du disque solaire et trouve que les rayons émergents doivent sous-tendre justement $31'$. En effet, il a pris des angles d'incidence et d'émergence du prisme égaux ($54^{\circ}4'$), on est au minimum de déviation du prisme et des rayons d'incidence angulaire différente ressortiront quasiment du prisme avec la même différence angulaire.

Ayant fait ces observations, j'ai d'abord calculé à partir de celles-ci le pouvoir réfracteur du verre et l'ai trouvé égal au rapport des sinus, 20 sur 31.

Pour cela, il a utilisé la loi des sinus : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$, où i_1 et i_2 sont les angles d'incidence et de réfraction respectivement à la surface de séparation de deux milieux d'indices n_1 et n_2 .

Le minimum de déviation d'un prisme

Newton utilise un prisme d'angle au sommet (A ci-dessous) égal à 63° , et se place au minimum de déviation, c'est-à-dire l'angle d'incidence i qui rend la déviation D minimale.

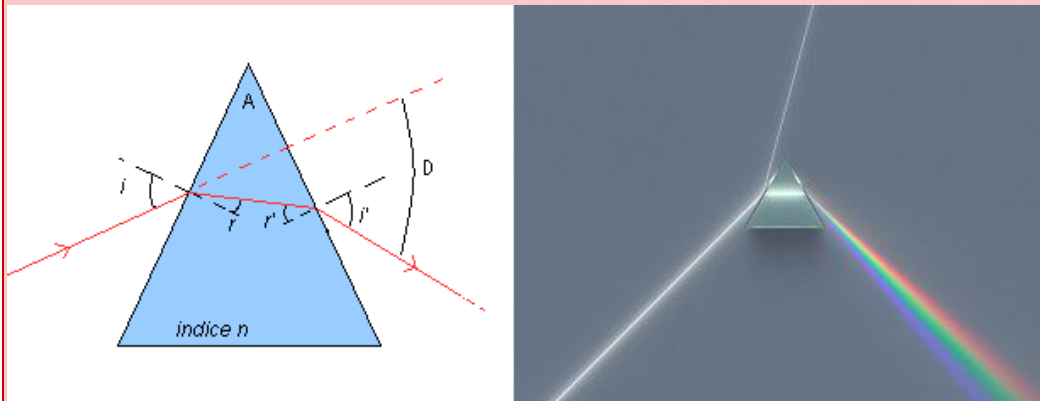


Figure 3 : Réfraction de la lumière à travers un prisme. À gauche, il s'agit d'une déviation importante du rayon initial, supérieure à 90° (image Wikimedia Commons).

Nous ne donnons pas ici les équations de la déviation D en fonction de l'incidence i , assez complexes ; elles sont basées sur les trois formules $A = r + r'$ (géométrie très simple du triangle), $\sin i = n \sin r$, $\sin i' = n \sin r'$ (lois de Descartes), n étant l'indice de réfraction du verre.

Il existe un "minimum de déviation" pour un certain angle d'incidence i , dépendant de l'angle du prisme A . Dans ce cas, on se convaincra que la situation est symétrique en i et i' – si la lumière arrivait dans l'autre sens ce serait aussi un minimum, on a donc $i = i'$.

Le minimum de déviation a donc lieu pour un angle d'incidence tel que :

$$\sin i = n \sin(A/2)$$

Newton indique que son prisme a un angle $A = 63^\circ 12'$. Avec l'indice de réfraction qu'il calcule $n = 1,55$, le calcul donne l'incidence de déviation minimale à $54,2^\circ$ (peu différente de la valeur donnée par Newton à $54,4^\circ$)¹

1. On trouvera une simulation du minimum de déviation sur le site de l'Université de Nantes ([lien](#)).

L'indice ainsi déterminé par Newton est de 1.55, valeur tout à fait raisonnable pour du verre. Il recalcule alors directement les déviations de deux rayons d'incidence différant de 31' et il retrouve bien un angle de 31' entre les rayons émergents à la sortie du prisme. Il en conclut qu'un tel calcul ne donne pas les 2°49' observés, nettement plus importants.

Il reprend alors son prisme et le faisant tourner un peu dans les deux sens autour de son axe, de façon à faire varier l'angle d'incidence de la lumière de 4 à 5 degrés, il observe

que les couleurs n'étaient pas sensiblement déplacées de leur position sur le mur et que donc la réfraction n'était pas sensiblement changée par cette variation d'incidence.

La différence d'incidence des rayons provenant de diverses parties du soleil ne peut expliquer l'angle de 2°49' observé.

Il faut donc trouver une autre raison. Il se demande alors si les rayons, après leur trajectoire à travers le prisme, ne suivraient pas une trajectoire courbe, et si, selon leur plus ou moins grande courbure, ils n'atteindraient pas ainsi différents points du mur. Il se rappelle avoir vu une telle trajectoire suivie par une balle de tennis frappée en oblique. Ceci est en accord avec son hypothèse de la nature corpusculaire de la lumière : si les rayons de lumière pouvaient être des corps globulaires et qu'ils puissent acquérir, en passant d'un milieu à l'autre sous une incidence non normale à l'interface, un mouvement circulaire, alors ils pourraient subir une plus grande résistance de l'Éther les environnant du côté où les mouvements s'additionnent et donc être déviés vers l'autre côté. On voit aussi que, pour remplacer, dans le cas des corpuscules de lumière, l'air sur lequel peut frotter la balle de tennis, Newton a recours à l'éther cher aux physiciens de l'époque – milieu indépendant pour la propagation de vibrations, l'éther, invisible et néanmoins présent, joue un rôle prépondérant dans les théories vibratoires du XVII^e et du XVIII^e siècle.

Mais, malgré la plausibilité de son hypothèse, Newton se range vite à l'évidence : il n'observe aucune courbure des rayons. Il réalise alors ce qu'il nomme l'*Experimentum Crucis*.

Il dispose deux écrans, l'un d'eux très près derrière le prisme de la fenêtre, muni d'un petit trou par où peut passer la lumière qui aboutit sur le deuxième

écran percé aussi d'un petit trou, pour qu'une partie de la lumière incidente le traverse. Il place alors un deuxième prisme derrière le second écran de façon à ce que la lumière, passant à travers les deux écrans, puisse aussi le traverser et soit ainsi de nouveau réfractée avant d'arriver sur le mur.

Le dessin ci-dessous schématise ce dispositif :

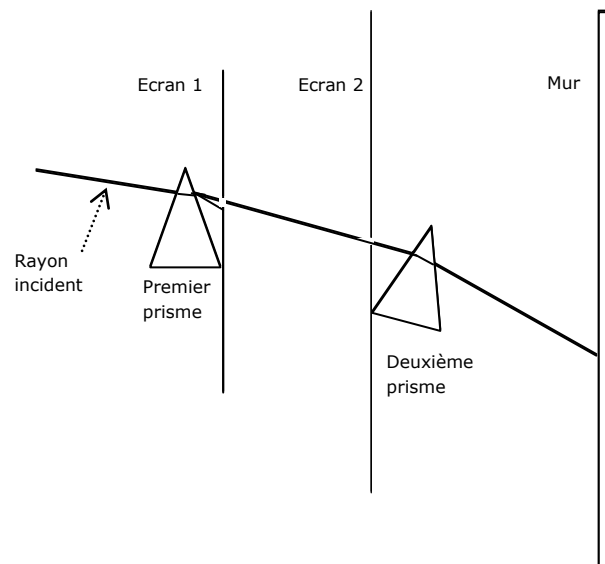
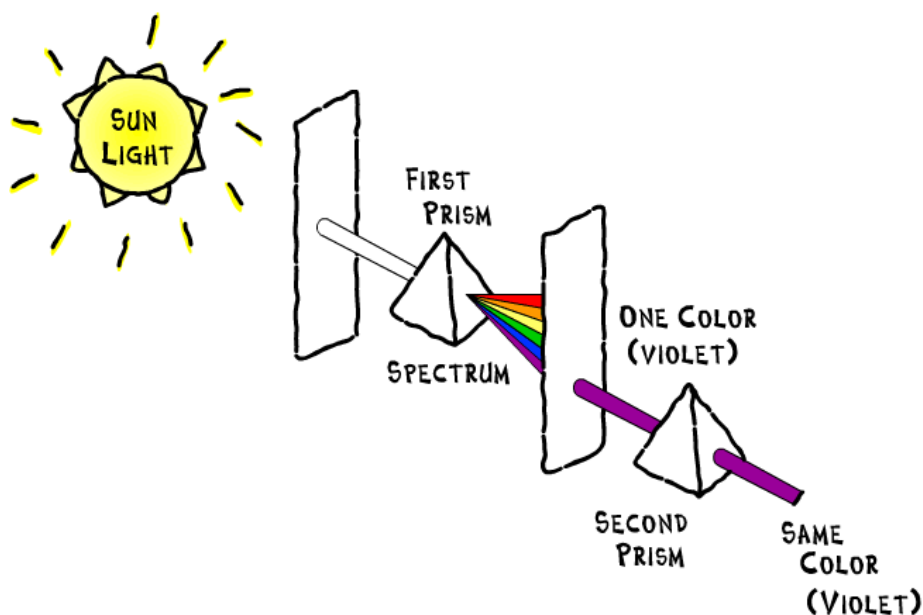


Figure 4 : L' « Experimentum crucis ». En haut, schéma du dispositif expérimental de Newton (illustration de l'auteur). En bas, résultat stylisé, en couleurs (Michigan State University). La partie de gauche de la figure 2bis ci-dessus (dessin de Newton) figure elle aussi l'Experimentum Crucis : seul un trou est percé sur l'écran, laissant passer une couleur, qui passe à travers un second prisme, sans que la lumière blanche ne soit reconstituée.



Newton fait alors tourner le premier prisme

pour faire passer les diverses parties de l'Image, projetée sur le second écran, successivement à travers le trou de cet écran de façon à (lui) permettre d'observer les positions sur le mur où le second prisme les réfracte.

C'est à dire qu'il sélectionne par le second trou une partie des couleurs séparées par le premier prisme. Et lorsqu'il déclare avoir vu *que la lumière,*

déviée vers l'extrémité de l'Image vers laquelle la réfraction due au premier Prisme la plaçait, subissait dans le second Prisme une Réfraction considérablement plus grande que la lumière déviée vers l'autre extrémité,

cela signifie que le violet est plus dévié que le rouge aussi bien dans le second que dans le premier prisme. Et Newton d'en conclure que la vraie cause de l'allongement de l'Image était la suivante : la lumière consistait en rayons différemment réfrangibles qui, indépendamment de leur différence d'incidence, étaient, selon leur degré de réfringence, transmis vers les différentes parties du mur. Il a parfaitement raison, nous le savons bien maintenant, mais l'expérience n'est pas si cruciale qu'il le dit. En fait, l'expérience a juste montré que tous les rayons également réfractés ont la même couleur invariablement et que des rayons différemment réfractés sont de couleurs différentes ou, pour résumer, que les prismes dévient toujours plus le violet que le rouge. C'est l'intuition géniale de Newton que de reconnaître là que ce n'est pas une propriété intrinsèque des prismes mais que la lumière blanche est composée de radiations de «couleurs» différentes. Nous disons aujourd'hui que la lumière blanche est la résultante de radiations de fréquences différentes et que le prisme en réalise une décomposition spectrale. Au fond, Newton a proposé un modèle qui est en accord avec l'expérience. Ce modèle s'imposera au cours des années par le nombre de conséquences physiques qu'il entraîne et qui seront toujours vérifiées.

Quant au modèle corpusculaire de la lumière, qui est différent du modèle ondulatoire de Huygens et qu'il a évoqué plus haut, il n'est en accord qu'avec la réflexion et la réfraction de la lumière. Il ne sera modifié et confirmé qu'en 1905 dans l'article d'Einstein interprétant l'effet photo électrique et présentant pour la première fois le caractère ondulatoire et corpusculaire des quantas de lumière, appelés plus tard photons.

L'ABERRATION CHROMATIQUE

Revenons aux conséquences immédiates que tire Newton de sa découverte.

Il écrit alors :

Quand j'eus compris ceci, je laissai de côté mes travaux de polissage de Verre mentionnés plus haut ; car je voyais que la perfection des Lunettes astronomiques était jusqu'ici limitée non tant par le besoin d'éléments parfaitement réalisés selon les prescriptions des Auteurs de l'Optique, (ce que tout le monde pensait jusqu'alors) que parce que la Lumière était un mélange Hétérogène de Rayons différemment réfrangibles. De sorte qu'un verre parfaitement taillé pour faire converger une certaine sorte de rayons en un point ne pourrait y faire converger les rayons de même Incidence sur le même Milieu mais qui seraient aptes à subir une réfraction différente.

C'est une excellente définition de ce que nous appelons aujourd'hui l'aberration chromatique. Et si, à la suite de cette remarque, on sut peu de temps après la mort de Newton à peu près la corriger dans les ensembles optiques nommés achromats, association de lentilles d'indices différents collées entre elles, il n'en est pas encore ainsi en 1672. Et Newton fait aussitôt une proposition pour pallier à cela : c'est de réaliser les optiques par réflexion. En effet, *l'Angle de Réflexion de toutes les sortes de Rayons était égal à leur Angle d'incidence*, dit-il. Pour

amener les instruments d'Optique à tout degré imaginable de perfection,

il faut donc trouver

une substance Réfléchissante qui pourrait se polir aussi finement que le Verre et qui réfléchirait autant de lumière que le Verre en transmet et qu'on parvienne à lui donner une forme Parabolique.

Cette dernière exigence vient pour assurer le stigmatisme du miroir pour des rayons venant de l'infini.

Et, deux ans après, il réalise, grâce à une méthode simple de polissage, adaptée aux métaux, un télescope à miroir métallique :

je parvins petit à petit à parfaire un Instrument (identique à l'essentiel à celui que j'ai envoyé à Londres) avec lequel je pus discerner 4 Satellites de Jupiter et les montrai plusieurs fois à deux personnes de ma connaissance.

Il envisage aussi la réalisation d'un microscope à optique à réflexion, toujours pour s'affranchir de l'aberration chromatique.

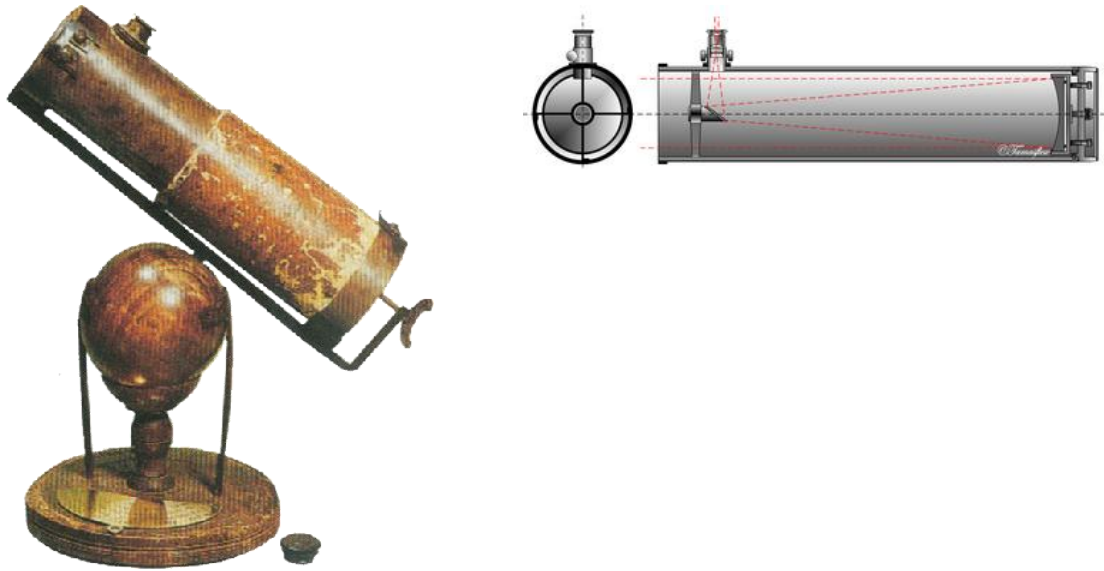


Figure 5 : Le télescope de Newton, 1672 (à g.) et schéma des rayons lumineux à l'intérieur (à dr.) On distingue en haut à gauche l'oculaire, perpendiculaire au tube optique. Le télescope fonctionne par réflexion sur un miroir parabolique (au fond à droite), à l'inverse des lunettes astronomiques où les rayons sont réfractés sur des lentilles (dessin de droite, Wikimedia Commons, auteur Szócs Tamás).

UNE THÉORIE DES COULEURS EN TREIZE POINTS

Après cette digression sur l'aberration chromatique des optiques, Newton revient à son sujet. Il tient pour acquis dès lors que

la lumière n'est pas homogène mais est constituée par des Rayons distincts, certains d'entre eux étant plus réfrangibles que d'autres.

Il va ensuite appliquer cela à une théorie des couleurs en treize points, suivie d'exemples d'expériences.

1°) Les rayons de lumière diffèrent non seulement par leur degré de réfrangibilité, mais par leur couleur.

Les Couleurs ne sont pas des propriétés de la lumière, dérivées des réfractions, ou des réflexions sur des corps naturels (comme on le croit généralement).

En outre, il n'y a pas seulement des rayons particuliers pour les couleurs les plus importantes mais au contraire il en est pour tous les stades intermédiaires. Nous dirions aujourd'hui : la réfraction de la lumière par une substance donnée dépend de la longueur d'onde.

2°)

À une couleur donnée correspond strictement un degré donné de réfraction. Les Rayons les moins réfrangibles sont de couleur rouge, et réciproquement les Rayons qui sont de couleur rouge sont les moins réfractés. Ainsi les Rayons les plus réfractés présentent une Couleur Violette, et réciproquement ceux qui présentent une telle couleur violette sont les plus réfractés. Et il en va ainsi pour toutes les couleurs intermédiaires en une série continue correspondant à des degrés intermédiaires de réfraction.

3°)

La couleur et le degré de réfraction propre à une espèce particulière de rayons ne sont pas modifiables par réfraction ni par réflexion sur des matériaux naturels, ni par aucune autre cause que j'ai pu observer jusqu'ici. Quand une certaine sorte de rayons a été bien séparée de ceux d'un autre genre, elle conserve après cela sa couleur, quels qu'eussent été mes efforts pour la changer. Je l'ai fait réfracter par des prismes, et se réfléchir sur des corps qui, à la lumière du jour, étaient d'autres couleurs; je l'ai fait traverser le film coloré d'air compris entre deux plaques de verres très serrées ; je l'ai fait traverser des milieux colorés, et des milieux irradiés par d'autres sortes de rayons, se terminant diversement ; et pourtant je n'ai jamais pu obtenir une nouvelle couleur. En se contractant ou se dilatant, le faisceau pouvait devenir plus intense ou plus atténué, et, en perdant de nombreux rayons, devenir dans certains cas très obscur et sombre ; mais je ne le vis jamais changer de couleur.

Newton insiste sur le caractère intrinsèque de la propriété de couleur, nous dirions aujourd'hui longueur d'onde ou fréquence de la lumière. À l'appui de ses dires, il cite de nombreuses expériences.

4°) On peut obtenir des couleurs différentes par mélange de rayons de couleurs données. En additionnant des rayons de différentes couleurs, on obtient une couleur intermédiaire. Laquelle peut de nouveau être décomposée par réfraction, par exemple, pour retrouver les rayons de couleurs originaux la composant. Et Newton cite l'analogie de poudres bleues et jaunes qui, mélangées, apparaissent vertes à l'œil nu et pourtant, vues au microscope, sont juxtaposées mais toujours bleues et jaunes.

5°)

Il y a donc deux sortes de couleurs. Les unes originales et pures, les autres composées de celles-ci. Les couleurs originales ou primaires sont le Rouge, le Jaune, le Vert, le Bleu et un Violet-pourpre, auxquelles

s'ajoutent l'Orange, l'Indigo et un nombre indéterminé de variétés Intermédiaires.

Voici posées les bases de la théorie des couleurs.

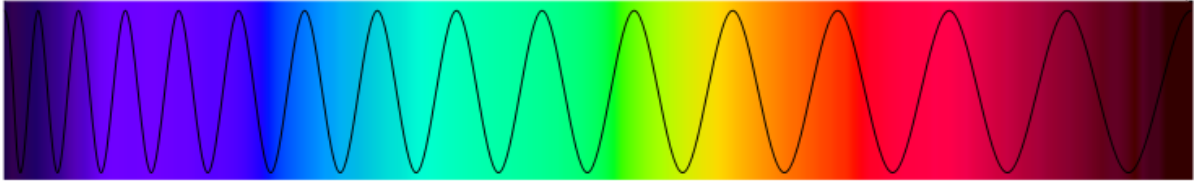


Figure 6 : Le spectre de la lumière visible. La décomposition de Newton en sept couleurs originales est arbitraire, correspondant à peu près aux couleurs visibles à l'œil nu. On sait maintenant que le spectre lumineux est continu, correspondant à la continuité des fréquences électromagnétiques de 400 nm (violet) à 700 nm (rouge).

6°) Ce paragraphe complète le précédent. Il énonce que, si on compose deux couleurs peu éloignées dans la série de celles séparées par le prisme, on obtient alors la couleur apparaissant dans la série précédente au milieu de ces deux couleurs.

7°) La recombinaison de toutes les couleurs primaires fournit de la lumière blanche. En les faisant converger, les mélangeant à nouveau comme dans la lumière originale, on obtient une lumière blanche, fait que Newton ne peut s'empêcher de trouver *surprenant et merveilleux*. Il remarque aussi que la lumière blanche ainsi obtenue n'est pas différente de la lumière du soleil, à moins qu'un des verres utilisés dans l'optique de convergence ne soit un peu teinté, ce qui colore alors légèrement la lumière recomposée.

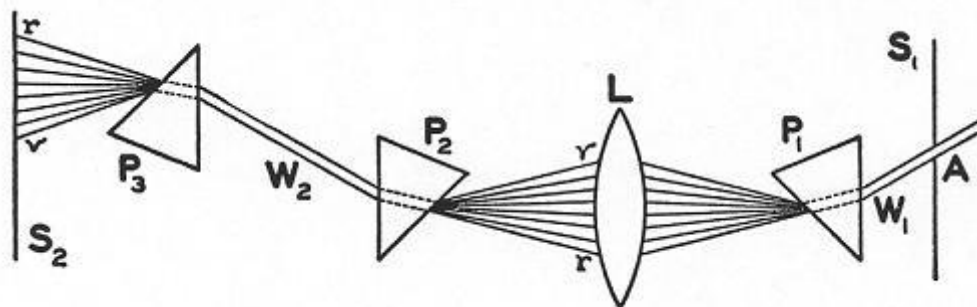


Figure 7 : Recomposition de la lumière. La lumière arrive de droite (W₁), est décomposée par le prisme P₁. La lentille L la refocalise sur le prisme P₂, placé de manière totalement symétrique à P₁. Le prisme P₂ recombine le spectre coloré en une lumière blanche W₂ analogue à W₁. Ce faisceau peut de nouveau être décomposé sur le prisme P₃, de façon à faire apparaître les couleurs sur l'écran, de violet (le plus réfracté, en bas) à rouge (le moins réfracté, en haut) (image Appalachian State University)

8°)

Il apparaît donc que le Blanc est la couleur usuelle de la lumière ; car la lumière est un agrégat désordonné de rayons de toutes sortes de couleurs, émis par les diverses parties des corps lumineux.

Cette phrase qui nous paraît un peu naïve pourrait s'énoncer de nos jours : la lumière blanche a un spectre allant du violet au rouge.

9°) À partir des énoncés précédents, Newton donne l'interprétation de la séparation des couleurs par le prisme :

Car comme les rayons constituant la lumière incidente diffèrent de couleur proportionnellement à leur différence de réfrangibilité, ils seront, grâce à leurs réfractions inégales, séparés et dispersés selon une forme oblongue en une série ordonnée allant de l'Écarlate le moins réfracté jusqu'au Violet le plus réfracté.

Nous dirions aujourd'hui que l'indice du verre du prisme est une fonction de la longueur d'onde, c'est-à-dire de la couleur. A chaque longueur d'onde correspond donc une déviation différente par le prisme.

10°) Il donne alors une explication de l'arc-en-ciel. Nous savons maintenant que

a) La lumière réfractée en pénétrant dans la goutte, subit ensuite une réflexion partielle à l'arrière de celle-ci (point B sur le schéma) et est réfractée à nouveau en sortant (point C). La déviation qui en résulte est plus forte pour le violet que pour le rouge. C'est l'origine de l'arc primaire, le plus intense, qui occupe une bande angulaire de 40° à 42° dans la direction opposée au soleil.

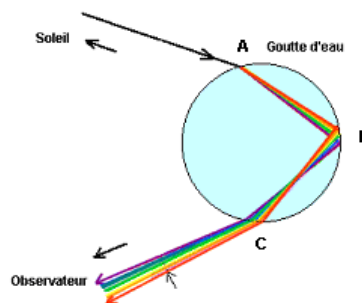


Figure 8 : La goutte d'eau se comporte comme un prisme. À noter que des rayons réfractés de la goutte (non représentés ici) sortent aussi en B : il y a bien dispersion en sortie du faisceau non réfléchi. Mais comme l'intensité en est faible et que l'observateur regardant la sortie en B (à droite de la figure) fera face à la lumière solaire,

il ne verra rien. En revanche, un observateur qui observe la sortie des rayons en C (situé à gauche de la figure) aura le dos au soleil et verra l'arc-en-ciel.

b) Il peut se produire une double réflexion de la lumière du soleil à l'intérieur des gouttes de pluie. Il apparaît alors sous un angle de 50° à 53° un arc secondaire. En raison de la réflexion supplémentaire, l'arc est moins lumineux et l'ordre des couleurs est inversé par rapport à l'arc primaire, le bleu à l'extérieur étant moins dévié que le rouge à l'intérieur.

Les couleurs de l'Arc-en-ciel qui apparaissent dans les gouttes de pluie s'expliquent aussi par ce qui précède. Car, ces gouttes, qui réfractent les Rayons destinés à apparaître violets avec une plus forte déviation vers l'œil de l'observateur, réfractent les Rayons d'autre sorte beaucoup moins, les faisant passer à côté du pourpre ; et ce sont les gouttes correspondant à l'intérieur de l'Arc Primaire et à l'extérieur de l'Arc Secondaire ou externe. Et les gouttes qui réfractent les Rayons rouges vers l'œil de l'observateur réfractent ceux d'une autre sorte beaucoup plus, jusqu'à les faire passer à côté du rouge; et ce sont les gouttes correspondant à la partie extérieure de l'Arc Primaire et à la partie intérieure de l'Arc Secondaire.

Cet énoncé, quoique essentiellement juste, est un peu compliqué et il laisse à penser que les gouttes de pluie ne réfractent et ne réfléchissent la lumière pas toutes de la même façon, ce qui est contraire à la réalité.

11°) Quand des substances réfléchissent une longueur d'onde (*une sorte de lumière*, dit Newton) et en transmettent une autre, leur couleur variera selon leur position par rapport à la source lumineuse et l'observateur. Ainsi une infusion du bois *Lignum Nephreticum* a un aspect opale changeant selon l'angle d'éclairage. Il en est de même pour des feuilles d'or et des fragments de verre colorés.

12°) Une expérience due à Hooke consistait à coller l'un contre l'autre deux récipients en verre en forme de coins contenant l'un un liquide rouge, l'autre un liquide bleu et à observer que l'ensemble ne transmet plus la lumière. Newton l'interprète parfaitement en disant que

si l'un (des coins) transmettait le rouge seulement et l'autre le bleu seulement, aucun rayon ne pouvait traverser l'ensemble des deux.

En effet, le coin rouge absorbe toute radiation qui n'est pas rouge et cette dernière ne sera pas transmise par le coin bleu qui absorbe toute radiation qui n'est pas bleue.

13°)

Je conclurais avec un fait plus général, à savoir que les Couleurs de tous les Corps naturels n'ont pas d'autre origine que cela, que ces corps reflètent à des degrés différents une sorte de lumière plutôt qu'une autre ».

Toute la théorie des couleurs tient dans cet énoncé. Et Newton apporte à l'appui de ses dires le résultat de ses expériences en chambre noire. Il a éclairé divers corps avec des lumières de diverses couleurs et ceux-ci sont toujours apparus de la couleur de la lumière les éclairant

à ceci près qu'il est plus vif et brillant dans la lumière de la couleur qui est la sienne à la lumière du jour.

Il cite alors les exemples du Minium et du Bleu d'Azurite, situé chacun à une extrémité du spectre des couleurs.



Figure 9 : *À gauche, minerai d'azurite ; à droite, poudre de minium. L'azurite (de couleur bleue) est un carbonate de cuivre connu depuis l'Antiquité – on en a trouvé des traces dans des pots égyptiens à onguents. Le minium est un tétr oxyde de plomb de formule Pb_3O_4 , lui aussi connu comme pigment de peinture murale de longue date.*

Et donc, pour tous les corps,

cela est manifestement la cause entière et satisfaisante de leurs couleurs, puisqu'ils n'ont aucun pouvoir de changer ou d'altérer les couleurs de n'importe quelle sorte de rayons incidents séparément, mais de toutes les couleurs, avec lesquels ils sont illuminés.

Newton tire ensuite argument de ce que les couleurs soient des *qualités*, c'est-à-dire des propriétés de la lumière pour en inférer que celle-ci est bien une substance. Ceci est en accord avec une conception corpusculaire de la lumière. *Mais il ajoute aussitôt que déterminer plus absolument ce qu'est la lumière, de quelle manière elle se réfracte, et de quelle façon elle produit dans nos esprits les sensations des couleurs est loin d'être aisé.*

@@@@@@

Il en vient à la description de l'expérience finale. Il utilise toujours dans une chambre obscurcie un orifice percé dans un volet qui laisse entrer la lumière du soleil. Un prisme est placé contre l'orifice d'entrée de la lumière pour former une image oblongue colorée sur le mur opposé de la pièce. On place alors sur le trajet des rayons de différentes couleurs une lentille convergente dont l'ouverture (15,2 cm) est assez grande pour capter tous ces rayons réfractés et qui les fait converger en son foyer situé à environ un quart de mètre plus loin. Sur un écran constitué par une feuille de papier blanc placé en ce point, on observera une tache de lumière blanche due au mélange des couleurs réfractées. En déplaçant autour du foyer cet écran, on pourra voir

à quelle distance la tache blanche est la plus parfaite, mais encore (...) comment les couleurs se rejoignent graduellement et se fondent dans la tache blanche et qu'après s'être croisées ensuite les unes les autres à l'endroit où elles ont reformé la lumière blanche, elles se séparent de nouveau, et dans l'ordre inverse redonnent les mêmes couleurs qu'elles avaient avant d'être composées.

On pourrait considérer que cette expérience a aussi un caractère « crucial », au sens de Newton, mais il n'en fait point la remarque. Il décrit tous les paramètres de l'expérience avec une grande précision et insiste sur la nécessité d'avoir une pièce extrêmement noire pour éviter toute lumière diffusée parasite qui pourrait fausser la séparation des couleurs.

CONCLUSION

Nous voici à la fin de cette lettre étonnante. Newton a introduit l'équivalence entre couleur des rayons et leur degré divers de réfrangibilité dans un milieu d'indice donné. Il a donné une théorie cohérente des couleurs des corps naturels, dues à une réflexion sélective qu'il a démontrée en projetant successivement, dans la chambre noire, les diverses couleurs simples sur les corps étudiés. En outre sa découverte fera le lit de la spectroscopie, branche capitale de la physique moderne. Enfin, il n'a pas craint de l'appliquer à un problème pratique, celui de la limitation de la résolution des appareils d'optique par ce que nous appelons aujourd'hui l'aberration chromatique. Et il conçut et construisit pour s'affranchir de celle-ci le premier télescope du type à réflexion qui porte aujourd'hui son nom.

En conclusion notons combien cette lettre où Newton rapproche de façon extraordinairement précise et claire hypothèse et expériences est une illustration parfaite de la méthode expérimentale. Et il n'eut ainsi aucune peine à réfuter les critiques que sa théorie suscita à l'époque, en particulier de la part de Huygens².



(octobre 2010)

2. L. Rosenfeld Isis, Vol. 9, No. 1 (Feb., 1927), pp. 44-65