



1754

# Essai d'une explication physique des couleurs engendrées sur des surfaces extrêmement minces

Leonhard Euler

Follow this and additional works at: <https://scholarlycommons.pacific.edu/euler-works>

 Part of the [Mathematics Commons](#)

Record Created:

2018-09-25

## Recommended Citation

Euler, Leonhard, "Essai d'une explication physique des couleurs engendrées sur des surfaces extrêmement minces" (1754). *Euler Archive - All Works*. 209.

<https://scholarlycommons.pacific.edu/euler-works/209>



E S S A I  
D'UNE  
EXPLICATION PHYSIQUE  
DES COULEURS ENGENDREES SUR DES  
SURFACES EXTRÊMEMENT MINCES,  
PAR M. EULER.

I.

**M.** *Newton* s'étant apperçu que deux de ses Prismes, dont il se servoit dans ses Expériences, s'étoient recourbés, il tâcha de les redresser en les appuyant avec force l'un contre l'autre, & il vit avec surprise que dans l'endroit de la plus forte pression, il s'étoit formé des lignes colorées, en forme de Conchoïdes. Cette Expérience l'a engagé à examiner plus exactement ce phénomène, qui lui parut très singulier; & dans cette vuë il pressa la surface convexe d'un grand verre objectif contre un verre plan, & autour de l'endroit d'attouchement il remarqua des cercles concentriques colorés, dont il observa très soigneusement l'ordre des couleurs. Il rapporte dans son excellent Traité d'Optique un grand nombre d'Expériences de cette espece, qu'on a regardées jusqu'ici à juste titre comme le plus étrange phénomène dans la Théorie des couleurs.

II. Les expériences, que M. *Mazeas*, Bibliothecaire du Duc & Maréchal de *Noailles*, vient de communiquer à l'Académie, roulent sur ce même phénomène, qu'il a tâché de mieux développer par d'autres combinaisons de deux verres. Il s'est servi pour cet effet des verres plans, où il remarqua que la seule pression n'étoit pas capable de produire les couleurs, qui se sont présentées dans les Expériences de

*New-*



*Newton* ; mais, après les avoir bien frottés l'un sur l'autre, il eût la satisfaction de voir naître ces bandes colorées, où il observa dans les couleurs le même ordre, que *Newton* avoit marqué. Il fit de plus ces Expériences sous des circonstances bien différentes, & même dans le vuide, qui paroissent suffisantes à nous éclaircir entièrement sur le fait.

III. En réfléchissant bien sur ces phénomènes, on verra qu'ils se réduisent à celui d'une lame mince transparente : & *M. Newton* a déjà observé, qu'une matière transparente quelconque, étant réduite à une lame extrêmement mince, paroît teinte de diverses couleurs, qui se suivent les unes les autres presque toujours en même ordre. Dans les Expériences alleguées il se trouve entre les deux verres une telle lame mince d'air, ou bien d'ether, si l'on juge les particules de l'air trop grossières : c'est donc l'air, ou l'ether, qui dans cet état présente les couleurs qu'on observe, tant qu'il y est réduit à une lame extrêmement mince.

IV. Les bulles de savon nous représentent encore plus évidemment ce même phénomène. Car, en enfant de plus en plus ces bulles, leur surface devient de plus en plus mince, & atteint bientôt ce degré d'épaisseur requis pour présenter les couleurs. Ici on voit clairement, comme dans les autres Expériences, que la diversité des couleurs dépend de l'épaisseur de la lame transparente, laquelle étant réduite au point de paroître colorée, à mesure que son épaisseur diminue au delà, les couleurs changent successivement, & deviennent aussi plus brillantes. Car on remarque qu'après une certaine révolution les mêmes couleurs reparoissent avec un plus grand éclat, jusqu'à ce qu'enfin la lame devient si mince, qu'elle redevient parfaitement transparente, ou qu'elle perd la continuité, où les couleurs disparoissent.

V. Ce phénomène semble d'autant plus bizarre, que les matières les plus opaques, étant réduites à des lames extrêmement minces, acquièrent une transparence parfaite, comme le grand *Newton* l'a aussi prouvé par quantité d'Expériences ; pendant que les matières transpa-  
ren-



rentes, étant rendues aussi minces, paroissent recevoir la nature des matieres opaques, entant qu'elles nous renvoyent des rayons colorés. Cependant il faut remarquer, que la transparence n'est pas en opposition avec la couleur, vû qu'il y a des corps transparens, qui sont néanmoins colorés; & les Expériences de *Newton* ne prouvent point, que les parcelles minces des corps opaques soient destituées de toute couleur, quoiqu'elles paroissent transparentes.

VI. Cette considération porte donc plutôt nôtre phénomène à une plus grande généralité, entant qu'il s'étend à tous les corps, tant transparens qu'opaques. Car, après que ces derniers par une suffisante diminution de leur épaisseur, auront perdu leur opacité, ils seront assujettis aux mêmes propriétés que ceux-là, qui sont transparens de leur nature, de sorte que s'il est possible de diminuer au delà leur épaisseur, on y appercevra de pareilles couleurs que dans les lames minces des matieres transparentes: & si pour prouver cela les observations manquent, la raison en est évidemment, qu'il n'est pas possible de réduire toutes les matieres à tous les degrés de subtilité, qu'il faudroit pour faire paroître toutes les diverses couleurs.

VII. Le phénomène étant donc constaté, il s'agit d'expliquer la cause physique, pourquoi des lames assés minces pour être transparentes, si l'on diminuë de plus en plus leur épaisseur, elles paroissent colorées? & pourquoi les couleurs changent continuellement, à mesure que leur épaisseur devient plus petite? Feu *M. Newton* s'est donné bien de la peine, dans son excellent Ouvrage d'Optique, de découvrir cette cause physique: & il faut avouër que ce phénomène renferme le véritable caractère, par lequel on doit juger de la justesse de quelque Théorie que ce soit, pour expliquer la véritable nature des couleurs.

VIII. Car, quelque bonne que paroisse d'ailleurs une Théorie pour expliquer les autres phénomènes de la lumiere & des couleurs, lorsqu'elle ne nous met pas en état de rendre raison de ce phénomène singulier, ou qu'elle lui est même contraire, il n'y a aucun doute, qu'une  
telle



telle Théorie est encore bien éloignée de la vérité, & qu'elle lui est même contraire. Et on ne sauroit être assuré de la justesse d'une Théorie, à moins qu'elle n'explique aussi heureusement ce phénomène singulier, que les phénomènes ordinaires. Il semble même de plus qu'une Théorie, qui satisfait également à tous ces phénomènes à la fois, ne sauroit être fautive.

IX. Quelque sagacité que *Newton* ait employé pour expliquer ces phénomènes, tout le monde doit convenir, qu'il ne s'y trouve pas ce degré d'evidence, qui est l'infailible caractère de la vérité. Il a imaginé pour cet effet dans une surface réfringente des accès de facile transmission, & des accès de facile réflexion : & c'est de là qu'il tâche d'expliquer, pourquoi de tous les rayons qui tombent sur une même surface transparente, les uns sont transmis & les autres réfléchis; en disant que les uns se trouvent dans des accès de facile transmission, & les autres dans des accès de facile réflexion.

X. Ces différens accès se trouvent donc, selon *Newton*, dans une lame transparente extrêmement mince, & dont l'épaisseur est variable; comme il arrive dans la lame d'air, qui se trouve entre deux verres, l'un convexe & l'autre plan. Au centre, ou au point d'attouchement mutuel, l'épaisseur est évanouissante, & en s'éloignant de là elle va en croissant en raison quarrée des distances au centre. Cette épaisseur variable de la lame produit alternativement les accès de facile transmission & réflexion; & M. *Newton* a observé, que les intervalles de ces accès sont, à très peu de chose près, comme les racines cubiques des quarrés des longueurs d'un monochorde, qui donneroient les sons diatoniques.

XI. M. *Desaguliers* va plus loin, & représente ces accès, dans les Transactions Philosophiques, par une courbe ondulatoire, qui dans les points, où aboutissent les plus grandes ordonnées, auroit la propriété de réfléchir la lumière, & dans ceux des plus petites ordonnées de la transmettre parfaitement. Dans les points mitoyens, c'est tan-



tôt une espèce de rayons, tantôt une autre, qui sera ou réfléchi ou transmise. Cette représentation ingénieuse peut bien servir à comprendre l'ordre, qui régné dans les diverses couleurs apparentes; mais personne ne s'imaginera, que *Newton* ait voulu par là expliquer la cause physique même du phénomène. Ce seroit en vérité une explication bien obscure que de produire ces divers accès comme une cause physique: & l'on seroit beaucoup plus en droit d'exiger la cause de ces accès, que celle du phénomène même.

XII. Mais, outre qu'une telle explication seroit absolument insuffisante, j'y remarque une supposition, qui me paroît tout à fait insoutenable. *M. Newton* soutient que l'apparence des couleurs dans les Expériences alleguées, est causée par la réflexion, ou bien que la surface colorée réfléchit en certains endroits les rayons de la même couleur, pendant qu'elle transmet les rayons de toutes les autres couleurs. Il est vrai que c'est sur ce même principe, que *Newton* fonde l'explication des couleurs de tous les corps opaques; mais les raisons rapportées pour soutenir cette supposition me paroissent trop foibles, pour qu'on les puisse admettre dans une recherche si importante.

XIII. Car comme j'ai remarqué dans ma Théorie sur la lumière & les couleurs, que nous ne voyons pas les corps opaques par des rayons réfléchis de leur surface, je soutiens par les mêmes raisons, que les couleurs, que nous observons dans les bulles de savon, & en général sur toutes les surfaces minces, qui font l'objet du phénomène dont il s'agit, ne sont pas produites par des rayons réfléchis. Et partant ces mêmes raisons renversent entièrement l'hypothèse des accès, ou de facile transmission, ou de facile réflexion des rayons; de sorte qu'elle ne sauroit être employée à expliquer ce phénomène, quand même d'ailleurs elle ne seroit assujettie à aucun inconvenient.

XIV. Pour faire voir, que ce n'est pas par des rayons réfléchis, que nous voyons les couleurs sur les surfaces minces des Expériences rapportées, je remarque d'abord que si nos yeux étoient frappés par  
des



des rayons réfléchis de ces surfaces, nous ne devrions pas voir ces surfaces mêmes, mais plutôt les corps lumineux, desquels les rayons feroient originairement partis. Tout comme nous ne voyons pas la surface même d'un miroir, mais les objets, dont les rayons ont été réfléchis de la surface du miroir: donc, puisque nous sommes bien afferés, que nous voyons les surfaces de ces lames minces mêmes, & non pas les images d'autres corps, qui y jettent des rayons, nous devons conclure, que nous ne les voyons pas par des rayons réfléchis.

XV. Ensuite, lorsque nous voyons par des rayons réfléchis de quelque surface, ce n'est que dans une certaine situation, que nous recevons la même sensation; aussi-tôt que nous changeons de place par rapport à la surface réfléchissante, nous ne voyons plus la même chose. Deux personnes devant un miroir, si elles sont assez éloignées l'une de l'autre, y découvrent des objets bien différens. Or les couleurs, sur les lames minces, se voyent les mêmes à tout spectateur, en quel que situation qu'il se tienne par rapport à elles. Si cela n'arrive pas exactement dans la lame d'air renfermée entre deux verres, la raison en est la réfraction, que les rayons souffrent avant que de parvenir à nos yeux.

XVI. Outre cela, tout ce que nous voyons par des rayons réfléchis, nous n'en rapportons point l'existence sur la surface, qui réfléchit les rayons, mais à l'endroit de l'image, ou réelle, ou imaginaire, que les rayons réfléchis forment. C'est dans la Catoptrique où l'on enseigne à déterminer tant la figure & la grandeur que le lieu de cette image, qui selon la diversité de la surface réfringente peut tomber, tantôt en avant, tantôt en derriere d'elle, mais jamais sur elle même. Donc, puisque nous appercevons les couleurs dans les lames minces mêmes, c'est une nouvelle preuve, que nous ne les voyons point par des rayons réfléchis.

XVII. Nous voyons ordinairement tous les objets par des rayons divergens, qui étant partis d'un point du corps lumineux se ré-



pendent de toutes parts, comme les rayons d'une sphère : & une petite portion de ces rayons, qui entre dans l'œil, peint sur son fond une image semblable au point d'où ils font partis. Donc, puisque nous voyons les lames minces mêmes, il faut que les rayons, qui peignent dans le fond de l'œil l'image d'un point quelconque, partent de ce même point. Or, quelque raboteuse qu'on conçoive la surface réfléchissante, on s'appercvra aisément de l'impossibilité absolue de remplir cette condition : & en supposant la surface unie comme celle d'un miroir, il est plus clair que le jour, que la réflexion ne sauroit jamais produire ce phénomène.

XVIII. Les couleurs déterminées de ces lames rendent encore cette explication d'autant plus infructueuse : car, comment seroit il possible qu'un point de cette lame ne réfléchit que les rayons d'une certaine couleur, & qu'il éteignit tous les autres, & cela de quelque côté que soient venus les rayons incidens ? & que les réfléchis se répandent encore de toute part ? Pour peu qu'on fasse attention à toutes ces difficultés, on les trouvera absolument insurmontables ; & on sera pleinement convaincu, que la vision des couleurs sur ces lames minces ne sauroit en aucune façon être expliquée par la réflexion des rayons. Et c'est par ces mêmes raisons, que je crois avoir démontré, que la vision de tous les corps opaques en général ne sauroit être attribuée aux rayons réfléchis de leur surface.

XIX. Les Newtoniens, pour soutenir leur hypothèse de réflexion, alleguent bien certains corps reluisans, dont la couleur est changeante, & dépend tant de l'illumination que du lieu du spectateur. Je tombe volontiers d'accord que la réflexion y a beaucoup de part, & cela à cause de la variabilité même de l'apparence : mais de l'autre côté, où une telle variabilité n'a pas lieu, où l'on découvre constamment & de tous côtés la même couleur, on sera obligé de m'accorder par la même raison, que cette constante uniformité ne sauroit être l'effet de la réflexion. J'ai fait voir dans ma *Dissertation sur cette matiere*, qu'il  
y a



y a des corps opaques, qui participent tant de la nature des réfringens que des réfléchissans ; dont l'apparence par conséquent sera mixte.

XX. Il y a quantité de corps opaques, qui étant bien polis reluisent presque autant qu'un miroir, & nous représentent les objets, dont ils reçoivent les rayons. Personne ne doutera aussi, que cette représentation ne soit l'effet de la réflexion, & la variabilité de cette apparence confirme plutôt les raisons que je viens d'alléguer. Mais on y découvre outre cela le fonds même du corps avec sa couleur naturelle qui n'est assujettie à aucun changement, comme les représentations causées par la polissure ; & c'est de cette vision que je prétends, qu'elle est incompatible avec la réflexion. La double apparence de tels corps polis est aussi si bien distinguée, l'une étant changeante, l'autre permanente, que la cause de l'une doit être entièrement différente de la cause de l'autre ; donc, si l'une est l'effet de la réflexion, l'autre aura une origine tout à fait différente.

XXI. Je ne veux pas aussi nier non plus, que les lames minces ne nous offrent souvent quelque apparence causée par la réflexion des rayons : & lorsqu'on voit sur les bulles de savon les images des fenêtres & autres objets, comme dans un miroir, c'est sans doute l'effet des rayons réfléchis de leur surface : aussi ces apparences suivent-elles l'inconstance propre à la réflexion. Mais rien n'est plus aisé que de distinguer ces apparences variables du propre teint, dont nous voyons briller la surface de ces bulles, & qui n'est pas assujetti à une semblable inconstance. Comme il s'agit ici de l'explication de ce phénomène des couleurs, je crois pouvoir hardiment assurer, qu'il n'est pas causé par la réflexion des rayons. Car, entant que nous y voyons aussi les images des objets, qui y jettent leurs rayons, c'est un phénomène que les lames minces ont de commun avec tous les corps polis, & qui ne dépend point de leur épaisseur, comme le phénomène singulier des couleurs.



XXII. Lorsque donc les lames minces nous paroissent colorées, il faut que l'organe de nôtre vuë soit affecté par des rayons de la même couleur, & que ces rayons partent de la surface même de ces lames : & puisqu'ils n'y sont pas réfléchis, mais qu'ils en sont répandus de toute part, il s'enfuit qu'ils y sont engendrés, ou que chaque élément d'une telle surface soit mis en état de produire des rayons, tout comme nous favons, que les corps lumineux d'eux-mêmes jettent des rayons, qu'ils n'ont pas reçus d'autre part. Donc, quelle que soit la disposition des particules d'un corps lumineux, qui le rend capables de répandre des rayons, je conçois une semblable disposition dans les particules d'un corps opaque en général, & en particulier dans les lames minces, tandis qu'elles nous paroissent colorées.

XXIII. J'aurai donc les questions suivantes à examiner : 1<sup>o</sup>. Quelle est cette disposition requise dans les particules d'un corps, qui le rend capable de répandre des rayons ? 2<sup>o</sup>. En quoi consiste la différence des couleurs ? ou pourquoi les rayons, qui y sont produits, sont tantôt rouges, tantôt bleus, tantôt d'une autre couleur ? 3<sup>o</sup>. Comment cette disposition dépend de l'épaisseur de la lame mince ? ou pourquoi la lame, lorsqu'elle n'est pas assez mince, ne nous renvoye point de rayons, pendant qu'elle, étant renduë plus mince, nous paroît colorée ? & comment la diversité de l'épaisseur produit des rayons de diverses couleurs ? 4<sup>o</sup>. Enfin, je rendrai raison de toutes les particularités, qu'on observe dans les couleurs d'une lame mince ; ce qui sera une suite naturelle des explications, que je donnerai des questions alléguées.

XXIV. Pour expliquer la première question, il faut remonter à la génération même de la lumière : sur laquelle il y a deux sentimens. Suivant l'un, les corps lumineux dardent de leur substance avec une vitesse incroyable une certaine matière subtile, en des lignes droites, qui nous représentent les rayons de lumière. Or, d'un côté les raisons qu'on apporte pour soutenir ce sentiment sont si foibles, & de l'autre  
côté



côté les objections, dont on le combat, si fortes, que le meilleur parti, qu'on sauroit prendre, est de l'abandonner entièrement. Il est bien vray que ce sentiment reconnoit pour Auteur le grand *Newton*; mais il faut avouër, qu'il ne l'a nulle part prouvé par des raisons convaincantes: & quelque grande que doive être l'autorité de ce profond Physicien, elle ne sauroit être étendue jusqu'à des hypothèses destituées de raisons suffisantes.

XXV. Sans parler de cette immense vitesse, dont les rayons seroient lancés toute part, & de l'épuisement infailible, qui en devoit arriver dans le Soleil en peu de tems, en sorte que *M. Newton* lui même a été obligé de recourir aux Cometes, pour réparer de tems en tems cette considérable perte; je m'arrêterai uniquement à la raison qui semble avoir occasionné ce sentiment. *M. Newton* a voulu, que tout l'espace entre le Soleil & les Planetes fût entièrement vuide pour que les Planetes n'y rencontrent aucune résistance. Ayant donc banni l'éther, il a été obligé de soutenir que les rayons émanent immédiatement du Soleil, & qu'ils en soient dardés partout avec cette prodigieuse vitesse. Or, au lieu du vuide, qu'il avoit en vuë, il remplit par cette maniere tout l'espace avec la matiere du Soleil, qui étant outre cela agitée avec cette terrible vitesse, ne sauroit manquer de troubler beaucoup plus le mouvement des Planetes & Cometes, qu'il n'auroit eu à craindre de la part de ce milieu tranquille & extrêmement subtil, qu'on nomme l'éther.

XXVI. Mais, quand même nous passerions ces grandes difficultés, & que nous accorderions que les rayons traversent le vuide avec cette inconcevable impétuosité; seroit-il bien possible, qu'ils pourroient pénétrer les corps transparens avec une pareille rapidité? De quelque maniere que nous nous figurions ce passage, il faudroit absolument que ces corps eussent selon toutes les directions possibles des pores disposés en lignes droites, qui formassent des canaux par lesquels les rayons pourroient librement passer. Or une telle structure



enleveroit aux corps toute matiere, & toute liaison entre leurs parties. quand même ils en auroient. Toutes ces objections prises ensemble me paroissent fournir une démonstration affés forte pour détruire ce sentiment; & à moins que l'autre sentiment, que je m'en vay examiner, ne soit assujetti à d'aussi grands inconveniens, je ne crois pas qu'il soit raisonnable de s'arrêter au premier.

XXVII. Selon l'autre sentiment, on conçoit la production des rayons semblable à celle du son; comme celui-cy est produit par un tremblement, ou mouvement de vibration communiqué à l'air, il semble d'abord raisonnable que la Lumiere ait une semblable origine. On soutient donc que les moindres particules, qui composent le Soleil, sont dans un mouvement de vibration continuel, qui se communique sur le champ à l'éther voisin, tout comme le tremblement d'une cloche imprime à l'air un mouvement semblable. La grande élasticité de l'éther, jointe à sa grande rareté, est en cause, que ce mouvement est propagé avec une vitesse presque inconcevable; & la même translation se fait aussi par tous les milieux transparens: & ces ondes, ou battemens causés dans l'éther & les autres matières transparentes, constituent les rayons de la lumiere.

XXVIII. Par un tel mécanisme produisent aussi la flamme & tous les corps lumineux des rayons; & de là il est clair ce qui est requis, pour qu'un corps produise ou jette des rayons. Il faut que ses moindres particules soient mises dans un mouvement de vibration extrêmement vif, pour causer dans l'éther, ou les autres milieux diaphanes, qui l'environnent, ce tremblement rapide, en quoi consiste l'émission des rayons. Donc, toute cause capable d'imprimer aux particules d'un corps un tel mouvement vibratoire, le met aussi en état de produire des rayons, & de les répandre tout autour de lui; & c'est par ces rayons qu'il devient visible, entrant que nôtre organe de vuë en est affecté, tout de même qu'un mouvement de vibration plus grossier étant communiqué par l'entremise de l'air à nos oreilles, y excite le sentiment d'un bruit ou d'un son.

XXIX.



XXIX. Ici on comprend aisément que la diversité la plus essentielle dans les rayons de lumière dépend de la rapidité du mouvement de vibration, qui se trouve dans les particules du corps lumineux ; c'est à dire, du nombre des vibrations, qu'elles achevent dans un tems donné. Car, plus cette rapidité sera grande, plus aussi de battemens en recevra l'organe de vision, & la sensation sera différente ; un plus grand nombre de vibrations excitées en même tems produira un autre effet dans le fond de l'œil qu'un nombre plus petit : & c'est de cette différence, que provient la diversité des couleurs. Or on conviendra aisément que, ni un mouvement trop lent, ni un trop rapide, soit capable d'exciter nôtre vision, & qu'il y a de certaines limites, entre lesquelles le mouvement de vibration des rayons doit être renfermé.

XXX. Il subsiste donc entre les couleurs la même différence, qu'entre les sons graves & aigus, & la diversité des unes & des autres dépend de la rapidité du mouvement vibratoire. Nous sommes bien parvenus à connoître le nombre des vibrations dans un tems donné, qui forme chaque son ; mais quel est le nombre requis pour former chaque couleur ? C'est une chose qu'on n'a pas encore pû déterminer. Or c'est de là qu'il faudroit tirer des définitions réelles des couleurs, en disant qu'une certaine couleur est la sensation d'un certain nombre de vibrations renduës dans l'espace d'une seconde, dont le fond de l'œil est frappé. Tout cela sera mieux éclairci par l'analogie, qui subsiste entre la lumière & le son, à laquelle je ne m'arrêterai pas plus longtems, en ayant déjà parlé suffisamment dans ma Théorie de la lumière & des couleurs.

XXXI. Cela posé, il est clair, que pour rendre raison des couleurs, que nous voyons sur une lame mince, il faut faire voir, pourquoi les particules, qui constituent cette lame, sont excitées à un mouvement de vibration ? Or, quelle qu'en soit la cause, nous concluons de là, que la cause des couleurs apparentes sur une lame mince est un certain mouvement de vibration, qui se trouve dans les particules de



la lame, & que la diversité des couleurs dépend de la diverse rapidité, dont les particules sont agitées. Voilà la réponse à la 1<sup>re</sup> & 2<sup>de</sup> question que j'ai rapportée cy-dessus : passons donc à chercher la cause capable de produire dans ces particules un tel mouvement de vibration : c'est à quoi se réduisent la 3<sup>me</sup> & 4<sup>me</sup> question.

XXXII. Presque tous les corps ont un tel degré de ressort, qu'étant frappés ils sont mis dans un mouvement de vibration. Il y a des corps où le mouvement se fait sentir à la vue, en d'autres on le découvre par le bruit ; & dans tous les chocs accompagnés d'un bruit on est sûr, que les parties des corps choqués sont mises dans un mouvement de vibration. On a même calculé ce mouvement, que plusieurs corps étant frappés doivent recevoir ; & on fait par la Théorie, combien de vibrations doit rendre dans une seconde une corde tendue dont la longueur, le poids & la tension, est donnée. Plus la corde est courte, le reste demeurant le même, plus aussi le mouvement de vibration devient rapide, & cela enfin à un tel point, que le son n'est plus perceptible.

XXXIII. On a aussi déterminé par la Théorie le mouvement de vibration d'une barre de métal ou de bois, & on a trouvé que le nombre des vibrations rendues dans une seconde suit la raison réciproque quarrée des longueurs. Ces vibrations se font sentir par le son, qui en diminuant la longueur devient bientôt si aigu, qu'il n'est plus capable d'exciter l'organe de l'ouïe. D'où l'on tirera cette conséquence, que les petites molécules d'une matière élastique sont susceptibles d'un mouvement de vibration, & que le nombre des vibrations rendues par seconde est d'autant plus grand, plus les molécules seront minces : & par conséquent qu'en diminuant ces molécules jusqu'à un certain point, leur mouvement de vibration deviendra capable d'exciter des rayons de lumière, & cela d'une certaine couleur, qui répond à la rapidité de leurs vibrations.

XXXIV.



XXXIV. De là on comprend aisément, pourquoi une lame de matière diaphane fort mince devient propre à représenter une certaine couleur ? & pourquoi la couleur change avec l'épaisseur de la lame, de sorte que si l'épaisseur de la lame est variable, la couleur y varie aussi ? Car entant que la matière est diaphane, elle est élastique, & entant qu'elle est fort mince, les molécules qui en forment l'épaisseur, étant ébranlées, produisent un tel mouvement de vibration, qu'il faut pour exciter des rayons d'une certaine couleur. De plus, comme la rapidité dépend de l'épaisseur de la lame, on voit, comment les diverses épaisseurs sont accompagnées de diverses couleurs.

XXXV. Il reste donc seulement à expliquer, par quelle cause les molécules d'une lame mince peuvent être tellement ébranlées, qu'elles en soient mises dans un mouvement de vibration. On voit bien qu'un choc rude, qui ébranleroit un grand corps, n'est pas propre pour produire un tel effet dans de si petites molécules ; il les emporteroit plutôt tout entières sans leur imprimer un mouvement de vibration : & comme une corde fort mince demande un coup plus subtil, qu'une corde grosse, pour qu'elle rende un son, il est évident, que les petites molécules, dont il s'agit, demandent aussi des chocs proportionnés à leur petitesse pour les ébranler : d'où l'on voit, que les forces ordinaires, dont on se sert pour la production d'un son, sont trop grossières pour cet effet.

XXXVI. L'analogie entre le son & la lumière nous conduit à la connoissance de cette cause. On fait par expérience, & on en comprend aussi aisément la raison, que les cordes d'un instrument de Musique sonnent, & partant sont mises dans un mouvement de vibration, au bruit d'un son consonant : savoir les tremblemens dans l'air ébranlent tant soit peu la corde, & si la corde est accordée à un son consonant, elle reçoit précisément après chaque vibration une nouvelle impulsion, de sorte que dans ce cas toutes les impressions concourent à exciter dans la corde le mouvement de vibration qui lui est propre, &



qui produit le son. C'est donc la consonance d'un bruit avec le son d'une corde, qui fait sonner la corde.

XXXVII. Pour mieux comprendre cet effet, qu'on conçoive un pendule à secondes, qui soit d'abord en repos : qu'on choque ce pendule tant soit peu, & il en fera porté à des oscillations extrêmement petites, qui soient même insensibles. Mais, si ce même choc, quelque petit qu'il soit, est réitéré précisément après chaque seconde, les oscillations deviendront continuellement plus grandes, & bientôt assez sensibles. Le même effet arrivera à peu près, si les petits chocs sont répétés après deux ou trois ou quatre secondes, puisqu'alors chaque choc tend à augmenter le mouvement du pendule : & si les chocs sont réitérés après chaque demi-seconde, l'effet sera encore à peu près le même, mais plus foible, puisque quelques chocs tendent alors à détruire l'effet produit par les autres : & en général on voit, pourvû que les intervalles entre les chocs soient commensurables à une seconde, que le mouvement du pendule en doit être augmenté.

XXXVIII. De là on comprendra qu'une petite molécule propre à recevoir un certain mouvement de vibration, y sera aussi portée, par une répétition continuelle de chocs presque infiniment petits, lorsque les intervalles de tems entre ces chocs sont égaux au tems d'une vibration de la molécule, ou qu'ils y tiennent un rapport commensurable : & on comprend aussi, que plus ce rapport sera simple, plus aussi vigoureusement la molécule sera excitée à rendre des vibrations : de sorte que par là elle sera bientôt mise en état de produire des rayons, qui la rendront visible avec une certaine couleur, qui convient avec la rapidité de ses vibrations.

XXXIX. Voilà donc le mécanisme par lequel je m' imagine, que les molécules d'une lame extrêmement mince sont excitées à ce mouvement de vibration, qui est requis pour former des rayons, & pour les rendre par ce moyen visibles avec la couleur qui leur est propre. Mais d'où viennent ces petits chocs capables de produire cet effet ? C'est la ques-



question à laquelle aboutit toute ma recherche. Or je trouve ces chocs dans les rayons de lumière, qui tombent sur la lame en l'éclairant; & je crois que les agitations, dont les rayons sont composés, produisent sur les petites molécules le même effet, qu'un son harmonieux sur une corde tendue, de sorte que la molécule étant éclairée cause elle-même des rayons, qui la rendent visible.

XL. J'ai déjà soutenu par les mêmes argumens, que nous voyons tous les corps opaques par ce même mécanisme, plutôt que par des rayons réfléchis. La lumière qui éclaire ces corps, est la cause physique, dont les particules sont mises dans un mouvement de vibration, qui répond à leur ressort & leur grosseur: & c'est de ce mouvement de vibration que naissent les rayons, par lesquels nous voyons les corps opaques. J'ai fortifié ce sentiment par tant d'autres raisons, que je me flatte de l'avoir porté à un tel degré de vraisemblance, qu'il ne lui manque que fort peu pour devenir une démonstration rigoureuse: & partant je crois que cette même cause à l'égard des lames minces est suffisamment prouvée.

XLI. De là on comprend d'abord, pourquoi ces mêmes lames, avant qu'elles soient devenues assez minces, ne paroissent point colorées: car les molécules, ou parties de matière, qui constituent alors leur épaisseur, sont encore trop grandes, & par conséquent leur mouvement de vibration, dont elles sont susceptibles, trop lent pour former des rayons: d'où elles, ou ne seront point du tout agitées par les rayons de lumière qui les éclairent, ou quand même elles le feroient, ce mouvement seroit trop lent pour exciter des rayons. Dans cet état la lame n'aura donc que la propriété des corps transparens, en transmettant la lumière sans être visible elle-même.

XLII. Or, quand la ténuité de la lame aura atteint le degré, que ses molécules soient assez petites pour recevoir un mouvement de vibration si rapide, qu'il faut pour irriter le sens de la vue; les rayons de lumière qui y tombent, & éclairent la lame, exciteront actuellement



ce mouvement de vibration, d'où résultent des rayons propres à chaque molécule, qui la rendent visible à la vuë sous une certaine couleur qui répond à la rapidité de ses vibrations. Si la lame n'est pas partout de la même épaisseur, la couleur deviendra aussi différente, puisque le mouvement vibratoire dépend de l'épaisseur, comme j'ai déjà remarqué; & c'est la raison, pourquoi on observe sur une telle lame plusieurs couleurs distinguées, & rangées par bandes, ou droites, ou courbées, selon que l'épaisseur de la bande varie.

XLIII. Cependant il peut arriver que la même couleur paroisse sur des endroits de la lame, où l'épaisseur est différente. Car, puisqu'une couleur déterminée dépend du nombre des vibrations renduës dans un certain tems, par exemple dans une seconde, il est évident que si ce nombre étoit double ou sous-double, la couleur feroit bien différente, mais elle ressembleroit si fort à celle-là, que nous ne l'en saurions presque distinguer. Il y auroit la même différence, que nous appercevons dans les sons, qui different entr'eux d'une ou de plusieurs octaves; & comme on donne à ces sons, à cause de leur ressemblance, le même nom, c'est aussi la raison pourquoi on impose le même nom à des couleurs, dont le nombre de vibrations varie en raison doublée.

XLIV. Ainsi, quel que soit le nombre des vibrations renduës dans une seconde, qui excitent en nous le sentiment de la couleur rouge, tout autre nombre qui en est le double ou sous-double, le quadruple ou sous-quadruple, l'octuple ou sous-octuple, &c. est aussi censé de produire la couleur rouge; quoique ce rouge soit véritablement différent du premier par rapport à la vivacité. Cependant on voit que cette multiplication en raison double ne sauroit aller à l'infini, mais qu'elle aura ses limites, & même assez bornées par rapport à nos organes de vuë, tout de même comme nous ne saurions appercevoir des sons, qui different entr'eux de trop d'octaves.

XLV. Donnant ainsi le même nom aux couleurs, dont le nombre de vibrations differe en raison double, toutes les couleurs, comme les  
sons



sons, se réduisent dans l'intervalle de la raison double, ou d'une octave, de sorte que si  $n$  marque le nombre de vibrations d'une seconde requis pour présenter la couleur rouge, les nombres  $\frac{1}{4}n$ ,  $\frac{1}{2}n$ ,  $2n$ ,  $4n$ , donneront la même couleur, & tous les nombres intermédiaires entre  $n$  &  $2n$  produiront toutes les autres couleurs différentes entr'elles. M. *Newton* a déjà remarqué ce bel accord entre les sons d'une octave & les diverses couleurs, qu'il a même confirmé par les ordres des couleurs qu'on découvre sur une lame mince, où les mêmes couleurs reviennent à plusieurs reprises.

XLVI. Car, si dans une lame mince l'épaisseur à un endroit est telle, qu'elle représente la couleur rouge, à toutes les autres épaisseurs auxquelles convient un nombre de vibrations, ou double, ou sous-double, quadruple ou sous-quadruple, &c. paroîtra encore la couleur rouge; mais partant avec une différente vivacité, tout comme les expériences nous l'assurent évidemment. Entre deux telles limites de la même couleur devroient paroître toutes les autres couleurs différentes, à moins que toutes les épaisseurs moyennes ne se rencontrent dans la lame. Et quand on ne s'apperçoit pas de toutes les couleurs, comme dans l'arc en ciel, la raison en deviendra bientôt évidente.

XLVII. J'ai déjà insinué que, pourqu'une molécule soit excitée au mouvement de vibration: dont elle est susceptible, il faut qu'elle soit éclairée par une lumière de la même couleur, ou dont le nombre de vibrations soit commensurable à celui de la molécule. Donc, s'il n'y avoit que des rayons rouges, qui éclairassent la lame mince, il n'y auroit que la couleur rouge, qui y paroîtra en diverses bandes, & les autres couleurs seroient éteintes, à l'exception de quelques unes, qui tiennent à la rouge une raison assez simple, ou qui seroient avec elle pour ainsi dire une consonance: cependant ces couleurs ne paroîtroient que fort faiblement, & l'espace de la lame entre les bandes rouges seroit presque entièrement destitué de couleurs. Or ce que je viens de dire de la couleur rouge, se doit entendre de toute autre couleur.

XLVIII.



XLVIII. Il est reconnu, que la lumière du Soleil renferme des rayons de toutes les couleurs possibles : donc une lame mince étant éclairée par la lumière du Soleil, toutes les particules susceptibles d'un mouvement vibratoire, qui est capable de représenter quelque couleur, en seront ébranlées : & partant chacune devoit paroître avec la couleur, qui lui convient. Mais il faut considérer que deux parties contigues ne sauroient avoir des vibrations différentes ; parce que le mouvement de l'une troubleroit celui de l'autre, d'où il doit arriver nécessairement que le mouvement de plusieurs ne fera pas conforme à leur nature ; & c'est la cause pourquoi toutes les couleurs ne sont pas représentées avec le même éclat, surtout là, où la lame n'est plus si mince.

XLIX. Dans l'expérience de *Newton*, où il a pressé un verre convexe sur un verre plan, dans le point du vray attouchement il n'a observé aucune couleur, ce point lui parût noir, ou ne renvoya point du tout de rayons ; ce qui est très conforme à ma théorie, puisque l'épaisseur de la lame y évanouit entièrement. Autour de ce centre il a observé une tache blanchâtre ; la raison en est, que les cercles des diverses couleurs s'y approchèrent tellement, qu'on n'en pût distinguer la diversité ; or un mélange de toutes les couleurs produit, comme on fait, la couleur blanche. *M. Newton* marque bien entre le centre noir, & la tache blanche, un petit cercle bleu ; mais je crois que c'étoit l'effet de la réfraction des rayons, qu'ils ont soufferte en passant du verre dans l'air.

L. Autour de cette tache blanchâtre il vit distinctement des cercles concentriques de toutes les couleurs ; ils n'étoient plus si ferrés comme auparavant, où ils se confondoient dans la tache blanche : il observa même deux ordres de couleurs renfermant le violet, le bleu, le verd, le jaune & le rouge : mais plus loin du centre quelques couleurs se perdoient, & les autres devinrent de plus en plus foibles : ce ne fut que le bleu, le verdâtre & le rougeâtre, qu'il put distinguer. A cette distance l'épaisseur de la lame devint déjà trop grande pour  
géné-



généraler par les vibrations des rayons de lumière, & ces foibles couleurs devoient s'empêcher entr'elles d'autant plus aisément.

LI. Ces Expériences de *Newton* peuvent servir à décider une question fort importante, dont j'ai fait mention dans ma conjecture physique sur la propagation de la lumière. Car étant assuré, que la diversité des couleurs ne vient que de la diverse rapidité des vibrations; on demande si c'est la couleur rouge, ou la violette, qui est produite par un plus grand nombre de vibrations? J'avois cru d'abord, lorsque je composai ma Théorie de la lumière & des couleurs, que la couleur rouge demande un plus grand nombre de vibrations, que la couleur violette, & cela parce que les rayons rouges souffrent une moindre réfraction que les violets. Et c'est de ce même principe que j'ai expliqué alors la diverse réfrangibilité des rayons par rapport aux diverses couleurs.

LII. Mais ensuite ayant examiné cette matière plus soigneusement, j'ai trouvé qu'on peut imaginer plusieurs hypothèses pour expliquer le même phénomène, dont j'ai examiné principalement deux. En embrassant l'une il faut soutenir que les rayons rouges, ou ceux qui souffrent la moindre réfraction, sont produits par un plus grand nombre de vibrations rendues en même tems, tout comme j'avois cru auparavant. Mais l'autre hypothèse m'a appris, qu'il seroit possible, que les rayons produits par un moindre nombre de vibrations souffrirent une plus petite réfraction. De là il suivroit le contraire que cy-devant, savoir que les rayons rouges sont produits par un plus petit nombre de vibrations, que les violets: & cette hypothèse me parut par d'autres raisons plus probable que l'autre.

LIII. Il s'agit donc de décider entre ces deux hypothèses, si la couleur rouge est causée par un plus grand nombre de vibrations ou par un plus petit, que la couleur violette? ce qui s'entend des couleurs d'un même ordre, ou quasi d'une même octave. Or *Newton*



ayant observé que les cercles colorés dans son expérience se suivoient dans cet ordre depuis le centre : le violet, le bleu, le verd, le jaune, & le rouge : ces couleurs se succedant comme dans l'arc-en-ciel, il faut conclure qu'elles sont du même ordre, & comprises pour ainsi dire dans la même octave.

LIV. Il est donc évident par cette expérience que le rouge étant plus éloigné du centre que le violet, est produit par une plus grande épaisseur de la lame. Or une plus grande épaisseur étant ébranlée produit un moindre nombre de vibrations qu'une plus petite : d'où il faut nécessairement conclure, que la couleur rouge est causée par un moindre nombre de vibrations, que les autres couleurs du même ordre, & que la couleur violette vient du plus grand nombre de vibration ; de sorte qu'en comparant les couleurs avec les sons, le rouge répond au son le plus grave, & le violet au plus aigû de la même octave. La dernière hypothese doit donc être censée la plus conforme à la vérité, & comme elle me parut d'abord plus probable, on la pourra admettre dans la Théorie de la lumière, comme une vérité suffisamment prouvée.

