

Isaac Newton

Résumé

Isaac Newton (1643 – 1727) est mondialement célèbre pour ses travaux sur la gravitation universelle. Mais il a également apporté une contribution décisive sur la connaissance de la lumière en démontrant que la lumière blanche, que l'on croyait pure et homogène jusqu'alors, était un mélange de couleurs, les couleurs du spectre. Le personnage est fascinant à plus d'un titre. D'abord, par sa pratique de la science : d'une part, il introduit une nouvelle méthode scientifique résolument moderne, où les expériences et leurs descriptions mathématiques sont à la base de tout ; d'autre part, il se croit investi d'une mission divine et recherche le message secret de Dieu dans la nature en pratiquant l'alchimie et la théologie. D'un point de vue personnel, il est également singulier, faisant preuve d'une rigueur extrême dans sa pratique expérimentale et dans le développement de ses outils mathématiques et de ses calculs, mais capable par orgueil de ne pas rendre public ses travaux ou de dissimuler ses difficultés. Newton est également le témoin d'une époque où la science échappe définitivement au contrôle de l'église et où les sociétés savantes et les journaux scientifiques se créent et se développent.

Biographie

Isaac Newton est né en Angleterre l'année de la mort de Galilée, le 4 janvier 1643, dans une famille de petits propriétaires terriens. Son père est mort avant sa naissance, et il sera surtout élevé par sa grand-mère. Il est un enfant studieux et solitaire.

Poussé par un oncle, il finit par partir étudier au Trinity College de Cambridge, où il lit entre autres Les Dialogues de Galilée, la Géométrie de Descartes et le Traité de Kepler. Il acquiert ainsi rapidement en autodidacte une connaissance étendue de ce qu'il y a de plus nouveau en physique (appelée alors philosophie de la nature).

En 1665, l'université ferme ses portes à cause de la peste et il retourne donc chez sa grand-mère. Ce serait lors des années 1665-1666 que certains historiens appellent « Annus mirabilis (l'année merveilleuse) qu'il aurait à 23 ans réalisé ses expériences sur les prismes et la nature de la lumière et qu'il aurait trouvé les principes de la gravitation universelle. On retrouvera cette grande précocité chez Einstein, qui aura lui aussi une sorte d'« année miraculeuse ». Voici comment Newton lui-même évoquera ses travaux de jeunesse 50 ans plus tard : *« Au début de l'année 1665, je trouvais la Méthode d'approximation des séries et la Règle pour réduire la puissance d'un binôme quelconque à de telles séries. En mai de la même année, je trouvais la Méthode des tangentes et en novembre j'avais la Méthode directe des fluxions et l'année suivante en janvier la théorie des couleurs et en mai suivant je possédai la Méthode inverse des fluxions. Et la même année je commençais à penser à la gravité qui s'étend à l'orbite de la Lune. Tout cela arriva pendant ces deux années de peste de 1665 et 1666, alors que j'étais dans la fleur de l'âge créatif et occupé par la Mathématique et la Philosophie plus que je ne le serai jamais. »*

En 1669, il est nommé professeur de mathématiques à Cambridge pour ses travaux en calcul et il soumet à l'examen de la Royal Society un télescope à réflexion qui est plus compact qu'une lunette pour un grandissement plus grand. La description de ce télescope sera publiée en 1671 dans Philosophical Transactions et grâce à lui, Newton deviendra connu des savants de l'Europe entière.

En 1672, il est élu « fellow » à la Royal Society. C'est seulement cette année-là, soit 5 ans après avoir fait ses premières expériences (il aurait poursuivi ses expériences depuis) qu'il rend public ses résultats sur la décomposition de la lumière en écrivant une lettre à Oldenburg, alors secrétaire général de la

Royal Society. 3 membres de la Royal Society doivent avant publication refaire les expériences décrites par Newton, dont Hooke, qui a publié une ébauche de théorie ondulatoire sur la lumière. Hooke refuse l'interprétation « particulière » que Newton donne de ses expériences. Oldenburg jette de l'huile sur le feu, les deux hommes seront désormais des adversaires, et Newton décide de ne plus rien publier. Newton accepte encore de parler avec Huygens qui pourtant élabore lui aussi une théorie ondulatoire de la lumière (ils parlent surtout du télescope). Il lui fait aussi connaître son travail sur les arcs de courbe, ce qui sera plus tard à l'origine des relations entre Halley et Huygens.

L'époque est à l'astronomie, et plusieurs savants dont Halley et Hooke s'intéressent aux comètes et à leurs mouvements. En 1664, puis en 1680 et 1682 des comètes spectaculaires sont visibles dans le ciel. Au mois d'août 1684, Halley qui essaie de démontrer qu'une loi d'attraction entre les planètes et le Soleil en l'inverse de la distance au carré conduit aux lois de Kepler et aux orbites elliptiques des planètes (et des comètes) va chercher Newton pour qu'il l'aide à résoudre le problème. Hooke est aussi sur la piste de cette attraction universelle. Newton montre alors à Halley une solution complète du problème rédigée plusieurs années auparavant. Il a pu entre-temps vérifier sa théorie à l'aide des mesures récentes du rayon terrestre par Picard (en 1683) (pour l'anecdote : quand Newton compare l'attraction entre la pomme et la Lune pour valider sa théorie de la gravitation, le calcul se passe si bien que trop ému, il demande à un ami de finir le calcul à sa place). Halley finit par convaincre Newton de publier ses résultats. Newton accepte, enregistre l'existence des démonstrations à la Royal Society puis se lance dans l'écriture des Principia. L'ouvrage sera publié en 1686 par Halley, qui en sera l'ambassadeur. Le livre est bien accueilli même s'il est très difficilement accessible : « Tout le monde admire, personne ne comprend ».

En 1696, Newton démissionne du collège de Cambridge et s'éloigne de la science. Il devient Maître de la Monnaie, déménage à Londres et s'attaque avec succès à un important trafic de faux monnayeurs. Il deviendra directeur de la Monnaie en 1699.

Il est élu Président de la Royal Society en 1703. Il n'est pas élu à l'unanimité et en protestation, il n'assiste pas à la première séance. Il soumet son traité d'Optique (« Optiks ») lors de son discours d'investiture et il décide de publier cet ouvrage en 1704. Dans quel contexte ? Parce que son principal détracteur Hooke est mort en 1703 ? Parce qu'il prend conscience qu'il est mortel ? Luminet insiste également sur le rôle de Catherine Barton, sa nièce. Flamsteed sera le seul qui osera le critiquer. En tous cas son livre d'optique, plus facile à lire que les Principia aura un retentissement plus grand.

Pendant la fin de sa vie, il réforme en profondeur la Royal Society qui devient la société savante la plus puissante du monde. Il impose par exemple que désormais les bateaux pour les colonies emmènent un astronome et un botaniste. Il est anobli par la reine Anne qui le fait chevalier en 1705 et il devient « sir Isaac ». Il finira sa vie en tyran, avec beaucoup d'ennemis mais protégé par le pouvoir royal et religieux.

Il aura des funérailles nationales à sa mort, le 31 mars 1727 (il est alors âgé de 84 ans), digne d'un roi dira Voltaire qui y assistera. Un poète anglais, Alexandre Pope, célébrait le savant disparu en paraphrasant les premiers versets de la genèse : « La Nature et ses lois se cachaient dans la nuit. Dieu dit : que Newton soit ! Et tout fut Lumière ».

Côté vie sentimentale : « Il n'a eu ni passion ni faiblesse ; il n'a jamais approché d'aucune femme : ce qui m'a été confirmé par le Médecin et le chirurgien entre les bras de qui il est mort. »

Contexte scientifique

Au début du 17^{ème} siècle, Bacon en Angleterre et Descartes en France, définissent les règles de la méthode scientifique et s'écartent de la scolastique enseignée depuis le 13^{ème} siècle. Francis Bacon (1561 – 1626) qui est considéré comme le père de l'empirisme pense que l'observation directe des faits enrichit le savoir et que « la science véritable est la science des causes ». Il cherche une voie moyenne entre l'accumulation empirique des faits, sans tentative de les mettre en ordre, et le raisonnement théorique ne procédant qu'à partir des principes et de déduction. Il écrit : « *Les empiriques, semblables aux fourmis, ne savent qu'amasser et user ; les rationalistes, semblables aux araignées, font des toiles qu'ils tirent d'eux-mêmes ; le procédé de l'abeille tient le milieu entre ces deux : elle recueille ses matériaux sur les fleurs des jardins et des champs ; mais elle les transforme et les distille par une vertu qui lui est propre : c'est l'image du véritable travail de la philosophie, qui ne se fie pas aux seules forces de l'esprit humain et n'y prend même pas son principal appui. [...] C'est pourquoi il y a tout à espérer d'une alliance intime et sacrée de ces deux facultés expérimentale et rationnelle ; alliance qui ne s'est pas encore rencontrée.* » De son côté, René Descartes (1596 - 1650) prône également une nouvelle méthode scientifique, exposée notamment dans le « Discours de la Méthode » (1637). Il veut appliquer la méthode des mathématiciens à toutes les sciences. Pour Descartes, la science est un système hypothético-déductif s'appuyant sur l'expérience et des principes. Mais lorsque l'expérience n'est pas conforme à ses principes, Descartes privilégie les principes. Newton s'opposera à cette position en privilégiant l'adéquation entre les théories scientifiques et les faits expérimentaux, quitte à ne pas formuler d'hypothèse.

La naissance de Newton intervient peu de temps après les travaux de Galilée et Kepler qui ont révolutionné l'astronomie, et mis à mal le modèle géocentrique d'Aristote et de Ptolémée.

Les débuts scientifiques de Newton coïncident avec la création des premières sociétés savantes (la Royal Society en 1645 et l'Académie des Sciences en 1666) et des premiers journaux scientifiques qui vont remplacer peu à peu les correspondances privées entre savants (les Philosophical Transactions of the Royal Society en 1664 et le Journal des Savants en 1665). C'est aussi la naissance de l'astronomie moderne avec les premiers grands observatoires à Paris en 1667 et à Greenwich en 1676. Les pouvoirs royaux, notamment en France (avec Louis XIV) et en Angleterre, prennent conscience de l'importance des sciences pour affirmer leur puissance. C'est également une époque où les gens se passionnent pour les sciences et le progrès scientifique et mathématique.

Contexte historique

La vie de Newton commence dans une période de lutte contre les tentatives absolutistes des Stuarts appelée « les révolutions anglaises ». A partir de la « glorieuse révolution » de 1688, le parlement renforce définitivement son pouvoir et l'Angleterre devient un havre de paix, de prospérité et de tolérance (d'expression et religieuse) qui favorise le développement de la « philosophie naturelle » dont Newton est l'un des plus illustres représentants.

Le règne de Charles I qui avait tenté de gouverner en maître absolu se termine à partir de 1640 par une révolution et une guerre civile entre les partisans du roi et du parlement. Les partisans du parlement et leur chef Olivier Cromwell prennent le pouvoir, le roi est exécuté en 1649 et l'Angleterre devient pour un temps une république. Olivier Cromwell est nommé Lord Protector en 1653, il proclame la république mais il supprime le parlement et instaure un pouvoir très autoritaire, avec persécution des catholiques irlandais et écossais. A sa mort en 1658, son fils Richard prend sa suite et 2 ans plus tard, la monarchie est restaurée avec l'arrivée au pouvoir de Charles II, fils de Charles I.

A sa mort en 1685, son frère catholique Jacques (James) II lui succède, mais il doit rapidement fuir en France à la suite de ce qui est appelé la « glorieuse révolution ». En 1688, le parlement offre la couronne à sa fille Marie II, protestante et épouse de Guillaume II. Le pouvoir du parlement est définitivement renforcé, et une période de stabilité et de tolérance s'instaure. Londres connaît un important essor urbain, financier, intellectuel et maritime, à l'image de ce qui s'est passé pour Amsterdam 80 ans plus tôt. Marie II meurt en 1694 et Guillaume III en 1702. Anne, fille de Jacques II, prend la succession du royaume et sera la dernière représentante de la dynastie des Stuarts.

En 1707, l'acte d'union est signé entre l'Ecosse et l'Angleterre qui forment désormais la Grande Bretagne.

Cette période connaît de nombreuses tensions et conflits avec la France de Louis XIV (1643 – 1715), qui tentera plusieurs fois de rétablir Jacques II sur le trône d'Angleterre. La grande peste de Londres en 1665 est également un événement majeur, avec 70 000 victimes rien qu'à Londres.

Réfugié à Londres au moment de la mort de Newton, Voltaire écrit en 1728 ses lettres anglaises (il parle d'ailleurs de Newton dans l'une d'entre elles), lettres qui donneront le coup d'envoi du siècle des lumières.

Il est intéressant de constater que les deux grandes périodes de la vie de Newton coïncident avec l'histoire de l'Angleterre : jusqu'à la révolution glorieuse, Newton vit dans la solitude, l'étude et la recherche ; avec la publication des « Principia » en 1687, un an avant la révolution glorieuse, sa vie publique commence.

Apports de Newton sur la lumière

LA NATURE DE LA LUMIERE

Newton est le premier à comprendre que la lumière blanche est un mélange de plusieurs couleurs, les couleurs dites « de l'arc-en-ciel », le « spectre » de la lumière blanche.

Avant Newton, les couleurs du prisme étaient déjà connues (elles sont déjà décrites dans le livre de Giambattista della Porta en 1558). Elles étaient expliquées par la théorie d'Aristote : la lumière pure est blanche et les couleurs naissent progressivement de son affaiblissement ou de son assombrissement. Le rouge contient plus de blanc que de noir, le vert plus de noir et moins de blanc que le rouge, et le violet encore plus de noir. Dans le cas du prisme, la lumière qui traverse une plus grande épaisseur de matière est bleue, celle qui en traverse le moins est rouge. Cette explication est également reprise pour expliquer les couleurs de l'arc-en-ciel. Peu avant Newton, Descartes avait proposé une explication mécaniste aux couleurs basée sur les mêmes principes, travaux qui ont probablement incité Newton à réaliser ses expériences. D'après Descartes, la lumière est constituée de particules ou de petites billes qui tournent sur elles-mêmes. La texture différente de la surface des corps provoque des rotations plus ou moins rapides des particules d'où des couleurs différentes. Hooke dans son ouvrage « Micrographia » avait proposé une théorie ondulatoire de la lumière selon laquelle la lumière serait une vibration ou un tremblement qui se propagerait en étant plus ou moins amorties dans un milieu, ce qui donnerait les différentes couleurs. Selon toutes ces théories, la lumière blanche est pure et homogène, et les couleurs proviennent de ses modifications par la matière.

L'interprétation de Newton est révolutionnaire puisque pour lui au contraire, la lumière blanche est composée de différentes couleurs qui sont chacune déviée avec un angle différent. Il réalise pour cela des expériences avec des prismes (d'après des récits plus ou moins dignes de foi, il aurait acquis un

prisme en août 1665 à la foire de Sturbridge pour refaire des expériences contenues dans le livre sur les couleurs de Descartes) d'une très grande précision et d'une grande rigueur. Avec plusieurs prismes, il peut décomposer et recomposer la lumière blanche, expérience qu'il qualifia en 1672 d'« Experimentum crucis » (expérience cruciale), l'idée étant qu'une telle expérience permet d'éliminer une théorie (la théorie aristotélicienne des couleurs) au profit d'une autre, la sienne. Les conditions expérimentales dans lesquelles il mène ces expériences sont éloignées des pratiques de ses contemporains : il se met dans l'obscurité, il utilise un diaphragme pour limiter le faisceau incident de lumière solaire, installe le prisme dans une position correspondant au minimum de déviation, place l'écran à grande distance. Tout ceci souligne la spécificité de l'expérience menée par Newton. La théorie n'aurait d'ailleurs pas été déduite de cette expérience cruciale mais cette expérience aurait été mise en place et construite pour confirmer l'hypothèse formulée par des observations antérieures sur la réfrangibilité spécifique des différents rayons.

C'est en 1672 qu'il rend ses résultats publics en rédigeant sa fameuse lettre à Oldenburg, alors secrétaire de la Royal Society. Cette lettre sera lue aux membres de la société savante le 8 février et publiée le 19 février. Ce sera jusqu'en 1704 et la publication du livre « Optiks », le seul exposé complet de la pensée de Newton. Quelques extraits : « *Monsieur. Pour tenir la récente promesse que je vous fis, je vous apprendrai sans plus de cérémonie qu'au début de l'année 1666 (époque où je m'employai à polir des verres optiques sous d'autres formes que sphériques), je me procurai un prisme en verre triangulaire pour faire l'épreuve avec ce dernier du célèbre phénomène des couleurs. Et dans ce but, ayant obscurci ma chambre et fait un petit trou dans les volets pour laisser entrer une quantité suffisante de lumière solaire, je plaçai mon prisme à son entrée, de sorte qu'elle puisse être ainsi réfractée sur le mur opposé. Ce fut au début un très agréable divertissement que de voir des couleurs vives et intenses ; mais après un certain temps, m'efforçant de les considérer avec plus d'attention, je fus surpris de les voir sous une forme oblongue alors que, suivant les lois acceptées de la réfraction, je m'attendais à les trouver sous une forme circulaire.* » Il émet alors un certain nombre d'hypothèses pour expliquer ces résultats, multiplie les expériences et met en œuvre la procédure de l'induction par élimination (la voie négative) de Bacon pour les écarter l'une après l'autre. Il en émet alors une nouvelle qu'il va valider par la voie affirmative, en particulier avec la description de « l'experimentum crucis », un terme utilisé avant lui par Bacon et par Hooke : « *Le rejet progressif de ces hypothèses me conduisit à la longue à l'experimentum crucis qui était le suivant. Je pris deux planches et plaçai l'une d'entre elles juste derrière le prisme près de la fenêtre, de telle sorte que la lumière pût traverser un petit trou pratiqué à ce dessein, et ainsi la lumière tombât sur l'autre planche que je plaçai à environ 12 pieds de distance, ayant préalablement pratiqué dans celle-ci également un petit trou afin qu'un peu de la lumière incidente la traversât. Ensuite, je disposai un autre prisme derrière cette seconde planche de telle sorte que la lumière qui traversait les deux planches pût également la traverser et fût à nouveau réfractée avant d'arriver sur le mur. Ceci fait, je pris le premier prisme dans la main et le tournai lentement d'un mouvement de va- et-vient autour de son axe, afin que toutes les diverses parties de l'image, envoyées sur la seconde planche, traversassent successivement son trou ; ainsi il me serait possible d'observer en quel lieu le second prisme réfracterait sur le mur les diverses parties.* » « *Et je vis par les différentes positions de ces lieux, que la lumière tendant vers cette extrémité de l'image vers laquelle la réfraction du premier prisme avait eu lieu subissait vraiment dans le second prisme une réfraction beaucoup plus importante que la lumière tendant vers l'autre extrémité.* » « *Et ainsi, nous décelâmes que la véritable cause de la longueur de cette image n'était pas autre chose que celle-ci, à savoir que la lumière se composait de rayons différemment réfrangibles qui, sans égard à la différence de leurs incidences, étaient suivant leur degré de réfrangibilité transmis vers diverses parties du mur.* » La lumière blanche est donc composée de rayons différemment réfrangibles. Il explique plus loin dans cette lettre, qu'à chaque couleur correspond bien un certain degré de réfrangibilité. « *Les couleurs ne*

sont pas des qualifications de la lumière dérivées de réfractions ou de réflexions sur les corps naturels (comme on le croit en général) mais des propriétés originelles et innées différentes suivant les rayons. ». Il identifie deux sortes de couleurs : les couleurs simples et primitives d'une part (celles du spectre, il en compte 7 : le rouge, le orange, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet), et leurs mélanges d'autre part, *« la composition la plus surprenante et la plus extraordinaire étant celle du blanc ».* Il imagine et décrit une expérience de recombinaison de la lumière blanche et conclut : *« de cela et par conséquent, il s'ensuit que le blanc est la couleur normale de la lumière ; car la lumière est un agrégat complexe de rayons dotés de toutes sortes de couleurs ».* Ce n'est qu'à la fin de la description des expériences qu'il affirmera de façon un peu confuse sa préférence pour la structure corpusculaire de la lumière.

Cette première série d'expérience sera mal accueillie, notamment car elle ne donne pas vraiment d'arguments irréfutables quant à la nature corpusculaire de la lumière que suggère Newton. Hooke et Huygens, qui penchent tous deux pour la nature ondulatoire le critiqueront. Il semble également difficile pour les contemporains de Newton, fidèles aux enseignements de Bacon, de remettre en cause une théorie avec une seule expérience. D'autres expériences ne pourraient-elles pas faire pencher la balance de l'autre côté ? Un bon et vertueux philosophe de la nature ne doit-il pas peser le pour et le contre ? En réaction, Newton écrit à un membre de la société qui l'avait soutenu : *« J'ai l'intention de ne plus m'occuper de philosophie... Vous favoriserez ma détermination en empêchant les objections ou d'autres lettres me concernant. »* Trois ans plus tard, il présente cependant à la Royal Society de nouvelles expériences sur les couleurs des lames minces et les prémices de sa théorie corpusculaire de la lumière. Il rencontre à nouveau une forte opposition. Il écrit : *« Je vois que je suis esclave de ma philosophie... je lui dirai adieu pour toujours, à l'exception de ce que je fais pour ma satisfaction privée ou de ce qui sera publié après ma mort ».* Il faudra attendre 1703 et la publication de son « Optiks » et pouvoir connaître ses idées sur la nature physique de la lumière.

MODELE CORPUSCULAIRE DE LA LUMIERE

Dans la première définition de livre d'optique, Newton écrit : *« Il est évident que la lumière est composée de parties successives et de parties simultanées : puisqu'à chaque instant on peut arrêter celles qui tombent sur un même endroit, et laisser passer celles qui y tombent l'instant d'après ; comme on peut, au même instant les arrêter dans un endroit, et les laisser passer dans un autre. Or il est impossible que les parties interceptées et transmises soient les mêmes. Ainsi toute partie de lumière qui peut être arrêtée ou propagée seule, comme toute partie de lumière qui peut agir ou être affectée indépendamment des autres et ce que j'appelle un rayon ».* Il stipule donc que la lumière est constituée de particules (c'est le sens du mot rayon pour Newton) qui se déplacent à une vitesse considérable. Il s'appliquera à montrer que ce modèle permet d'expliquer tous les phénomènes (réflexion, réfraction, couleurs des lames minces, diffraction) et il introduit pour cela un fluide aux propriétés très particulières et qui remplit l'espace : l'éther. Dans cette théorie, les couleurs correspondent à des masses différentes (les « rayons » rouges sont moins déviés que les « rayons » violet, ils ont donc une masse plus grande) et la déviation des rayons s'explique par une force proportionnelle à la densité, donc une force de gravité. Conscient cependant que certains problèmes lui résistent (les lames minces, la diffraction), Newton multiplie dans le troisième livre de son « Optiks » les dissimulations, les procédés de style, les incohérences et les imprécisions. Ces difficultés pourraient être à l'origine de la publication tardive de son ouvrage d'Optique, une fois que ces contradicteurs (Hooke et Huygens) sont morts. Il écrit à la fin de ce troisième livre : *« Dans le temps, je m'occupais de ces phénomènes, j'avais dessein de refaire avec plus de soin la plus grande partie de ces observations qui précèdent, et même d'en faire de nouvelles propres à déterminer la manière donc ces « rayons » se plient en passant près*

des corps pour produire ces franges colorées et les intervalles obscurs qui les séparent : mais d'autres occupations vinrent m'interrompre et aujourd'hui, je ne saurai me résoudre à reprendre cet examen. Puisque cette partie de mon ouvrage reste imparfaite, je me bornerai, pour toute conclusion à proposer quelques questions qui pourront engager les physiciens à pousser plus loin ces recherches. » On peut penser que Newton n'a pu se résoudre à abandonner son rêve de décrire tous les phénomènes optiques avec son modèle qui correspondait à sa vision simple et harmonieuse du monde.

TELESCOPE DE NEWTON

C'est parce qu'il pense (à tort) que sa théorie des couleurs condamne la lunette astronomique qu'il développe un microscope à réflexion (sans lentilles). Newton à l'idée d'envoyer la lumière sur le côté du tube, ce qui fait utiliser un miroir plan au lieu d'un miroir parabolique (Cassegrain) ou elliptique (Gregory) qu'on ne savait pas fabriquer à l'époque. Le télescope de Newton est encore utilisé par de nombreux amateurs d'astronomie aujourd'hui.

Influence de Newton

Newton a acquis sa notoriété, qui en fait encore aujourd'hui l'un des savants les plus connus, avec sa théorie de la gravitation. Cette théorie fut critiquée par certains en Europe au début, notamment sur le continent par les partisans de Descartes qui refusaient le problème philosophique posé par une action à distance dans le vide. Affirmer que deux corps puissent être attirés à distance, instantanément et à travers le vide semblait pour beaucoup un retour aux qualités occultes de la philosophie d'Aristote. Newton leur répondait : *« Je ne suis pas du tout celui qui invoque l'horreur du vide : je suis seulement celui qui montre que l'eau monte dans les pompes »*. Mais les succès de la théorie seront tels (aplatissement de la Terre aux pôles mesurée en 1736 et retour de la comète de Haley prédit par Clairaut en 1758) qu'elle finira par être acceptée par tous.

Pour la lumière, l'influence de Newton est à la fois positive et négative. Positive, parce qu'avec ses expériences de décomposition de la lumière blanche et leur interprétation, il a définitivement fait sortir l'optique des théories d'Aristote. Négative parce que la théorie corpusculaire et mécaniste des couleurs et de la lumière qu'il proposera mettra plus de 150 ans à être définitivement rejetée (en 1849, l'expérience de Foucault et Fizeau démontre que contrairement aux prédictions de Newton, la vitesse de la lumière est plus grande dans l'air que dans l'eau). La notoriété acquise par Newton avec la théorie de la gravitation sera telle qu'il faudra des savants un peu en marge du système (Young, Fresnel) pour oser remettre en cause sa théorie de la lumière, alors que Huygens avait développé une théorie ondulatoire de la lumière très complète dès 1690. Newton ne peut pas non plus être considéré comme un précurseur de la théorie corpusculaire qui suivra au 20^{ème} siècle avec l'avènement de la mécanique quantique et la notion de grains de lumière, les photons.

Les découvertes de Newton marqueront également une scission entre une approche physique et scientifique de la couleur, et une approche plus naturaliste et artistique, scission dont on retrouve encore des traces aujourd'hui. La couleur comme sensation sera remise au centre des discussions au 19^{ème} siècle avec des scientifiques comme Young, Helmholtz ou Maxwell.

Comment Newton pratique la science ?

Les expériences de Newton avec des prismes sur la décomposition et la recombinaison de la lumière sont un modèle de précision expérimentale et de rigueur. Au début du livre, il écrit : *« Mon but dans ce livre n'est pas d'expliquer les propriétés de la lumière avec des hypothèses, mais de les proposer et de les prouver par le raisonnement et l'expérience. »* Avec Newton, la science entre définitivement dans la modernité et il développe une nouvelle méthodologie, dans laquelle les modèles possibles sur le monde physique doivent être tenus à l'écart des régularités mathématiques fournies par l'expérience. *« Je ne fais pas d'hypothèses » (hypotheses non fingo). « Tout ce qui n'est pas déduit des phénomènes, il faut l'appeler hypothèse ; et les hypothèses, qu'elles soient métaphysiques ou physiques, qu'elles concernent les qualités occultes ou qu'elles soient mécaniques, n'ont pas leur place dans la philosophie expérimentale. »* Avec ses expériences d'optique, il essaie de distinguer les hypothèses sur la nature de la lumière (le terrain des philosophes mécanistes) et la découverte expérimentales de régularité mathématiques (indice de réfraction différent suivant les composantes de la lumière blanche). Il écrit à ce propos : *« Puisque la science qui s'occupe d'elles (les couleurs) semble être l'une des plus difficiles, j'espère à titre d'exemple montrer l'avantage de la méthode mathématique pour la philosophie naturelle et ainsi inviter les géomètres à considérer de plus près la nature et les amateurs de la science naturelle à s'initier d'abord à la géométrie : afin que les premiers ne se perdent pas en spéculations inutiles à la vie humaine, et que les seconds usant depuis longtemps de méthodes inadaptées ne perdent pas leur espérance à jamais, mais pour que les géomètres philosophant et les philosophes s'exerçant à la géométrie obtiennent, en lieu et place de conjectures et causes probables que l'on brade sur toutes les places, une science de la nature enfin conforme à la plus haute évidence. »* Cette démarche est innovante pour l'époque où beaucoup de philosophes de la nature s'intéressent essentiellement à l'élaboration de modèles qualitatifs des phénomènes naturels. A la fin de son livre d'Optique, il décrit sa méthode : *« En Physique et en Mathématiques, il faut employer dans la recherche des choses difficiles, la méthode analytique avant de recourir à la méthode synthétique. La première consiste à faire des expériences et des observations, à en tirer des conséquences générales, à n'admettre aucune objection qui ne soit tirée de quelque fait ou de quelque vérité certaine, et à compter pour rien sur les hypothèses... Mais si quelque phénomène faisait exception, il faudra alors restreindre la conséquence suivant les cas. A la faveur de cette espèce d'analyse, on peut passer des composés aux simples, des mouvements aux forces motrices, des effets aux causes, et des causes particulières aux causes générales, jusqu'à ce qu'on parvienne à la CAUSE PREMIERE. Telle est l'analyse. Quant à la synthèse, elle consiste à prendre pour principe des causes connues et constatées, à expliquer par leur moyen les phénomènes et à prouver ces explications. »* Pour la « cause » de la gravité, Newton avouait d'ailleurs : *« En vérité, je ne suis pas encore parvenu à déduire des phénomènes la raison des propriétés de la gravité et je ne formule aucune hypothèse. »* On notera qu'il n'appliquait pas toujours ces grands principes, comme par exemple lorsqu'il identifie 7 couleurs fondamentales dans le spectre de la lumière blanche par analogie avec la gamme musicale, mais sans véritable rapport avec l'observation (on en distingue pas plus 7 que 3 ou 5 !). On notera également que Newton avait cette capacité rare d'être à la fois un excellent expérimentateur et un mathématicien hors pair. Son livre « Optiks » est exemplaire pour la description de ses expériences et son livre « Principia » pour ses démonstrations mathématiques.

Il est intéressant de replacer le travail de Newton dans sa vision plus générale du monde, vision que l'on retrouve dans les Principia et dans sa théorie corpusculaire de la lumière et qui s'oppose frontalement à celle de Descartes. D'après Bernard Maitte : *« Pour Newton, l'action de Dieu s'exerce constamment au moyen de la gravité et de la force réfringente, tandis que tous les mouvements résultent d'interactions. Les corps possèdent une masse proportionnelle à la quantité de matière qu'ils renferment. Sous l'effet de leur seule inertie, ils sont au repos ou en mouvement rectiligne uniforme, mais ils peuvent dévier sous l'action de chocs, de forces et prendre des trajectoires courbes. La*

trajectoire précise de ces trajectoires permet la description complète des phénomènes. Les mathématiques, inventées ou développées pour le besoin sont le langage quantitatif approprié à cette déduction. Toute cette philosophie naturelle ne peut être dissociée des concepts de temps et d'espace absolus, véritables et mathématiques par opposition au temps et à l'espace sensible, qui ne peuvent se rapporter qu'à Dieu (l'espace est le sensorium de Dieu). »

Il ne supportait pas la contradiction et contrairement à Galilée, il n'a jamais voulu se battre pour diffuser ses idées. C'est toujours contraint et forcé, et avec parfois beaucoup de retard, qu'il rendra publiques ses découvertes : 5 ans pour la nature de la lumière blanche (30 ans pour la parution du livre), 20 ans pour la gravitation universelle ! Ce trait de caractère le conduira à faire des faux, et à publier sciemment dans son traité d'optique des choses qu'il savait fausses ou en tout cas non rigoureuses. Une fois élu président de la Royal Society, il gèrera cette société savante de façon tyrannique, en orchestrant la disparition du seul portrait de son ennemi juré Hooke et de tous les objets scientifiques que celui-ci avait confectionnés. Bernard Maitte écrit à propos de Newton et de son caractère : « *Ne doutons pas qu'il ait souffert d'une importante frustration sexuelle mais une telle frustration non résolue peut conduire à une sublimation : la science a fourni à Newton la compensation nécessaire à son équilibre psychique. Les expériences, les succès scientifique, la foi furent de véritables accomplissements de la virilité de l'homme. On comprend qu'il ne fallait pas remettre en cause ses réalisations, ni porter atteinte à l'orgueil d'un savant qui se voulait tout-puissant et infallible. Le détournement de la force vitale qui avait fait de lui un « génie » et un expérimentateur empêche donc Newton de considérer la science avec sérénité. Avec l'âge, il devient même dominateur et mégalomane, il ressent le besoin de ridiculiser ceux qu'il considère comme ses rivaux, qui a en triompher après leur mort. »*

En plus de sa pratique de la physique et des mathématiques, Newton s'est également livré à de nombreuses activités qui aujourd'hui ne sont plus considérées comme scientifiques, comme l'alchimie ou la théologie. Dans les années 1670 alors qu'il a atteint sa maturité scientifique, Newton se détourne des lectures de ses contemporains. Il revient aux auteurs classiques et se plonge dans l'alchimie, la théologie, l'exégèse biblique (l'interprétation des textes bibliques) et l'histoire des civilisations anciennes. Pour expliquer cela, on peut invoquer le fait que depuis la Renaissance et encore à l'époque de Newton, on pensait que l'Antiquité possédait une culture supérieure qui s'était perdue ensuite et qu'il était donc important de redécouvrir ces connaissances anciennes. On peut aussi rappeler l'éducation religieuse de Newton : face à certains philosophes mécanistes qui vont jusqu'à nier l'existence de Dieu (le fonctionnement de la mécanique du Monde suit les lois mathématiques du monde), il pense que c'est une grave hérésie de nier ou de marginaliser l'action de Dieu dans la nature ou dans l'Histoire. Newton était conservateur et religieux, et il se croyait investi d'une mission divine qui était de décrypter le message de la nature. Pour Newton, le monde vivant n'est pas réductible à un mécanisme (la philosophie mécaniste ne rend compte que d'une petite partie des phénomènes naturels), mais les transformations chimiques révèlent la présence d'un agent vital omniprésent dans l'univers qu'il appelle « l'esprit végétatif ». C'est cet agent qui permet à Dieu d'intervenir en permanence dans le monde, organisant et désorganisant la matière selon un plan providentiel. Il s'intéresse aussi à la chronologie et à l'interprétation de la Bible, à la recherche d'une correspondance entre événements historiques et prophéties bibliques. Il pratiquera ces activités alchimique et théologique en secret dont le but était d'identifier les modalités de l'action de Dieu sur la Nature. Sa pratique de l'alchimie restera en partie rationnelle, et il est considéré par les historiens de la chimie comme l'un des cofondateurs de l'atomisme chimique. Newton se détourne de certaines de certaines découvertes mathématiques de jeunesse car il pense qu'elles sont inférieures à la « géométrie des anciens ». Cela explique la publication tardive de découvertes mathématiques fondamentales, comme

la méthode des fluxions. On retrouve un revirement un peu similaire chez Einstein, qui après avoir été un des pionniers de la mécanique quantique finira par s'en méfier (« Dieu ne joue pas aux dés »).

Textes intéressants :

Dans le « découverte Gallimard » :

- Echange de courrier entre Hooke et Newton, avec la fameuse citation dont on ne sait pas s'il est ironique : « Si j'ai vu plus loin, c'est en montant sur les épaules de géants ».
- Le portrait de Newton par Fontenelle, secrétaire de l'académie des Sciences dont Newton était associé étranger.
- 14^{ème} lettre de Voltaire sur Descartes et Newton.

Lettre à Oldenburg publié dans les Philosophical Transactions entre 1672 et qui décrit ses expériences avec les prismes, « l'expérience cruciale », démontre la nécessité du microscope et décrit de nombreuses autres expériences :

<http://www.newtonproject.ox.ac.uk/view/texts/normalized/NATP00006>

Son livre « Optique » et la préface de Michel Blay (Dunod, 2015).

Les génies de la science sur Newton.

Liens

Biographie détaillée de Newton : <http://www.newtonproject.ox.ac.uk/his-life-and-work-at-a-glance>

Toutes les lettres écrites par Newton à d'autres savants :

<http://www.newtonproject.ox.ac.uk/texts/correspondence/all>

A propos des 7 couleurs du spectre : <https://www.the-scientist.com/foundations/newtons-color-theory-ca-1665-31931>