
THESE

Pour l'obtention du **Doctorat** de l'Université de Lille, Sciences et Technologies
Discipline : **Histoire des Sciences et Epistémologie**

Aimé-Henri PAULIAN (1722-1802) **et sa physique «*Newton-cartésienne*»** **L'optique newtonienne revisitée**

Présentée et soutenue publiquement le mercredi 28 janvier 2015
par

Pascal Mulard

Composition du jury :

Bernard MAITTE (Directeur de thèse)
Professeur émérite de l'Université de Lille, sciences et technologies

Robert LOCQUENEUX (Co-encadrant)
Professeur émérite de l'Université de Lille, sciences et technologies

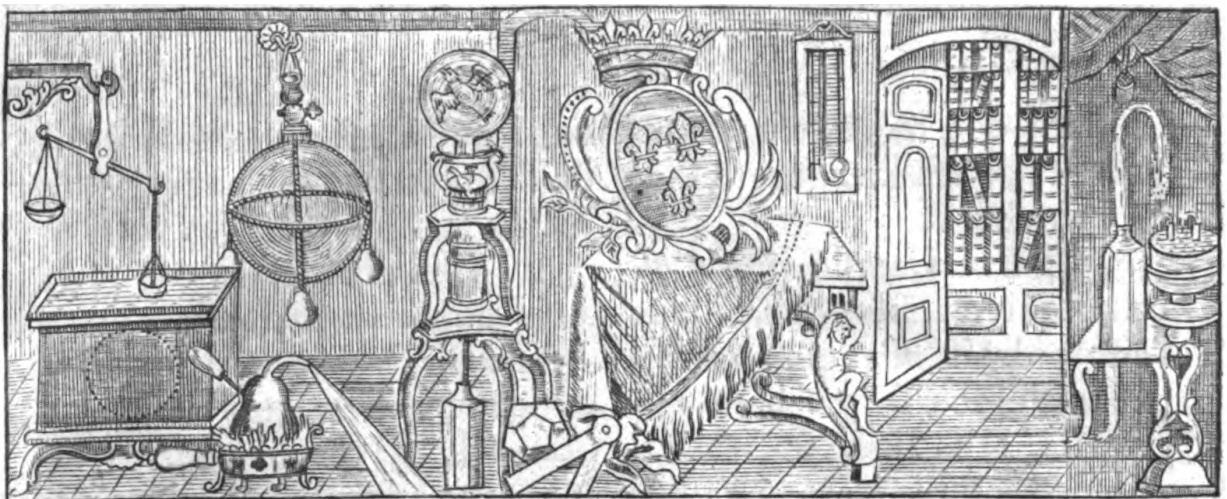
Michel BLAY (Rapporteur)
Directeur de Recherche émérite au CNRS

Simone MAZAURIC (Rapporteure)
Professeure émérite de l'Université de Lorraine

Hugues CHABOT (Examineur)
Maître de conférence à l'Université de Lyon 1

Rémi FRANCKOWIAK (Examineur)
Maître de conférence à l'Université de Lille, sciences et technologies

Aimé-Henri PAULIAN (1722-1802)
et sa physique «*Newto-cartésienne*»
L'optique newtonienne revisitée



Résumé

A partir des années 1730 les succès des prévisions de la gravitation universelle assurent en France la pénétration de l'approche newtonienne de la physique, alors que les concepts cartésiens sont encore bien ancrés dans les esprits.

Dans la seconde moitié du Siècle des Lumières, Aimé-Henri Paulian, professeur au collège des jésuites d'Avignon, décide de publier des ouvrages de physique pour un public d'amateurs et d'étudiants. Dans l'esprit du temps, il met en avant la physique de Newton dans un *Dictionnaire de physique portatif* (1758) puis dans un *Dictionnaire de physique* (1761) dont les nombreuses éditions durant près de trente ans indiquent le grand succès. Mais, dans un ouvrage plus personnel, il présente une physique impertinente dont on ne peut nier l'originalité : une physique «Newto-Cartésienne» - le *Traité de paix entre Descartes et Newton* (1763) - issu de son interprétation des physiques de Descartes et de Newton.

La comparaison entre le *Traité d'optique* de Newton et la lecture qu'en fait Paulian révèle son infidélité. L'étude d'articles du *Dictionnaire de physique* sur la lumière et ses différents effets précise les conceptions souvent masquées de notre auteur. En fait, avec Paulian, l'optique newtonienne est remaniée pour le plus grand profit de sa physique «Newto-Cartésienne».

Aimé-Henri PAULIAN (1722-1802)
and his «*Newton-cartesian*» physics
The Newtonian optics revisited



Abstract

From the 1730s, successes of universal gravity expectations ensured the spreading of the Newtonian approach of physics in France, while Cartesian concepts were still well established.

In the second half of the Age of Enlightenment, Aimé-Henri Paulian, a teacher of the Jesuit College in Avignon, decided to publish works of physics intended for amateurs and students. In line with his time, he highlighted Newton's physics in the book *Dictionnaire de physique portatif* (1758) and then in *Dictionnaire de physique* (1761), whose numerous editions that followed during nearly thirty years point out the great success. However, in a more personal work, he presented an irrelevant physics, the originality of which cannot be denied: a «Newto-Cartesian» physics – *Traité de paix entre Descartes et Newton* (1763) – which arose from his interpretation of Descartes' and Newton's physics.

The comparison between Newton's *Traité d'optique* and Paulian's interpretation reveals his lack of accuracy. The study of articles from the *Dictionnaire de physique* about light and its different effects clarifies Paulian's ideas, which are often concealed. Indeed, with Paulian, Newtonian optics is revised for the benefit of his own «Newto-Cartesian» physics.

*A Bernard,
pour la confiance qu'il m'a accordée.*

Remerciements

Depuis sa découverte en 2007, l'histoire des sciences fut, pour moi, une véritable révélation. Cependant, pour en arriver là où j'en suis aujourd'hui, il m'a fallu surmonter la «sécheresse mathématique» de mes études de sciences physiques à une époque où je manquais de motivation pour le travail scolaire. Malgré les nombreux sacrifices que j'ai dû faire pour mener à bien mes recherches tout en continuant mon enseignement à temps plein dans un collège difficile, je ne regrette pas mon engagement initial dans une «vie de thésard» pendant mes vacances scolaires et mes week-ends... Souvent seul pour lire des textes anciens, je découvrais un univers qui me donnait à penser – la magie opère –. Les nombreux entretiens avec mes deux professeurs ont toujours été riches d'apprentissages et de précieux conseils. L'écriture de la thèse fut une véritable aventure intérieure de plus de cinq ans faite de périodes d'accélération, de ralentissements et d'arrêts forcés dus à mon enseignement en collège.

En premier lieu, j'adresse mes remerciements aux Professeurs Locqueneux et Maitte qui ont été les garants d'un travail de qualité.

Je tiens ensuite à remercier Monsieur Blay et Madame Mazauric de m'avoir fait l'honneur d'être rapporteurs de la thèse, ainsi que Messieurs Chabot et Franckowiac d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Je remercie également celles et ceux qui m'ont aidé à corriger: Audrey, Céline, Guillaume, Lisa, Nunzia, Stéphane D et Stéphane V.

Je remercie encore Maëlle de m'avoir attendu ces derniers mois quand j'étais peu disponible pour elle.

Je remercie finalement l'ensemble des personnels de l'Université de Lille, sciences et technologie qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ma thèse.

Sources bibliographiques

Lille, Bibliothèque Centrale de l'Université de Lille 1

Lille, Bibliothèque Centrale de Lille 3

Lille, Bibliothèque du Centre d'Histoire des Sciences et d'Epistémologie

Lille, Bibliothèque Municipale de Lille

Lyon, Bibliothèque Municipale de Lyon

Paris, Bibliothèque Nationale de France

Sources iconographiques

Pages 1 et 3: Représentation d'un cabinet de physique du XVIII^e siècle provenant du *Dictionnaire de physique* (1761, t. 1, p. 1).

Page 67: Photographie de la première édition du *Dictionnaire de physique portatif* (BNF-Bibliothèque de l'Arsenal).

Introduction

Vers la fin des années 1750, le père Paulian enseigne la physique depuis plusieurs années dans le collège des jésuites d'Avignon. Il publie un ouvrage sur la physique de Newton à un moment où celle-ci s'impose en France. Or, à cette époque, la pensée de Descartes est encore bien enracinée dans les mentalités. Il écrit ensuite d'autres livres dont les nombreuses éditions montrent la grande popularité. L'œuvre de Paulian appartient à un courant de pensée qui remonte à une cinquantaine d'années. Il témoigne ainsi d'une histoire propre à la France que nous présenterons sous forme de préambule dans lequel nous développons ce qui suit: «Après la disparition de Descartes en 1650, Rohault diffuse sa physique cartésienne en mettant en avant son aspect expérimental. Fontenelle, acquis au cartésianisme, explique que l'esprit du temps consiste à accumuler les connaissances scientifiques en n'adoptant aucun système à l'avance. Polinière, quant à lui, développe les expériences de physique pour ses cours très prisés par les amateurs de sciences. Jusque dans les années 1730, la physique de Newton est très peu connue en France. Pourtant, en Angleterre, elle devient incontournable grâce à Desaguliers qui la popularise avec des cours de physique expérimentale. En Hollande, les physiciens 's Gravesande et Musschenbroek font de même en développant une recherche expérimentale qui s'inspire fortement de la pratique anglaise. Une première traduction française d'un des ouvrages de Newton, le *Traité d'optique* de 1704, ne voit le jour qu'en 1720. Cependant, l'éloge écrit par Fontenelle, en 1727, pour le décès du savant qui était membre étranger de l'Académie royale des sciences de Paris, souligne l'importance de son œuvre. Dans ce texte, le secrétaire de l'Académie compare les travaux de Newton et de Descartes. Dans les années 1730, Maupertuis et Voltaire, acquis au newtonianisme, s'efforcent de faire admettre la physique de Newton. Pour cela, ils confrontent les deux physiques afin de décrédibiliser les explications cartésiennes sur les mouvements des planètes et sur la gravité faisant intervenir toutes deux des tourbillons. Ainsi, la mécanique céleste est le domaine de la physique où les idées s'opposent de façon radicale. Suite à cette confrontation, les physiciens français doivent se rendre à l'évidence: la théorie de l'attraction de Newton explique merveilleusement les

mouvements célestes et la gravité... Deux voies s'offrent alors à eux. Soit, essayer d'incorporer les découvertes de Newton dans une physique cartésienne, soit, adopter un esprit de scepticisme vis-à-vis des grands systèmes en préférant la voie expérimentale plus consensuelle. L'abbé de Molières suit la première des deux voies qui sera la moins féconde scientifiquement mais influencera grandement Paulian. L'abbé Nollet choisit la seconde voie qui va prendre alors son essor en France. Les années 1740 vivent un véritable engouement pour la physique expérimentale développée par l'abbé Nollet. En parallèle, la physique de Newton continue de s'installer avec les parutions de divers ouvrages sur le sujet. Ainsi, au milieu du siècle, d'Alembert écrit son «Discours préliminaire de l'Encyclopédie» dans lequel il place la physique de Newton au tout premier plan».

Le **chapitre 1** présentera les trois ouvrages de Paulian que nous exploiterons par la suite. Le premier d'entre eux est le *Dictionnaire de physique portatif*¹ qui paraît en 1758. Celui-ci est le plus abordable et ne présente qu'un seul volume. Il sera réédité en 1760 avec l'adjonction d'articles de mathématiques puis en 1767 et 1769 en deux volumes cette fois. Le deuxième ouvrage qui nous étudierons est son *Dictionnaire de physique*² édité pour la première fois en 1761. Ce dernier bien plus complet que le précédent se présente à ses débuts en trois volumes. Cet ouvrage de physique sera le plus connu et estimé comme en témoignent ses nombreuses rééditions jusqu'en 1789. Ajoutons que le *Dictionnaire de physique*, d'une réédition à l'autre, est mis à jour en incorporant les nouvelles découvertes faites en physique, ce qui le fait alors passer successivement de trois à quatre volumes puis à cinq. Il contient entre autres les diverses conjectures existantes sur la nature du feu, de la lumière, du magnétisme et de l'électricité, etc., différents domaines de la physique pour lesquels les frontières ne sont pas toujours bien dessinées à cette époque et où les explications newtoniennes sont parfois peu ou pas développées. Peu de temps après la sortie de la première édition du *Dictionnaire de physique*, Paulian publie, en 1763, un *Traité de paix entre Descartes et*

¹ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique portatif*, 1758, chez Merande et Vve. Girard, Avignon.

² A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 3 vol., 1761, chez Chambeau, Avignon.

Newton³, en trois volumes. Celui-ci est réédité en 1769 sous un autre titre, le *Système général de philosophie extrait des ouvrages de Descartes et de Newton*⁴, avec l'addition d'un quatrième volume portant uniquement sur l'électricité. Nous voyons ainsi que trois ouvrages de physique de Paulian apparaissent dans un court laps de temps (entre 1758 et 1763). C'est cette période qui nous intéressera plus particulièrement puisqu'elle représente le moment où la pensée de Paulian s'est, d'une certaine façon, «figée» dans les écrits de ses premiers ouvrages. Ainsi, les rééditions ne doivent pas porter atteinte à ce qui a déjà été dit mais uniquement apporter des éléments nouveaux et enrichir l'ensemble. Cela est facilement réalisable dans un dictionnaire mais beaucoup moins évident à faire dans un traité. D'ailleurs les trois premiers volumes du *Système général de philosophie* sont parfaitement identiques à ceux du *Traité de paix entre Descartes et Newton*. La nouveauté se situe alors dans l'ajout d'un quatrième volume sur l'électricité dont l'écriture a été motivée par des reproches de l'abbé Nollet à propos de l'article «Electricité» du *Dictionnaire de physique*. Nous regarderons aussi comment les ouvrages de Paulian sont reçus par certains périodiques de cette époque et nous verrons que les *Mémoires de Trévoux* et le *Journal des savants* les accueillent assez favorablement en contribuant ainsi à faire leur promotion. Pour étudier la physique de Paulian, nous choisirons de ne pas examiner directement son *Dictionnaire de physique* pour éviter de parcourir sans logique un grand ensemble d'articles contenus dans les trois volumes de l'ouvrage. Il nous fallait une route déjà tracée et le *Traité de paix entre Descartes et Newton* convenait mieux à cette entreprise. Cet ouvrage en trois volumes se termine par une physique originale de Paulian qui émane essentiellement de quelques ouvrages de Descartes et Newton. Ainsi, pour connaître la physique de Paulian, nous commencerons par résumer des parties de son *Traité de paix entre Descartes et Newton*, ouvrage se présentant sous la forme d'un échange de lettres entre Paulian et un personnage fictif: le chevalier.

Le **chapitre 2** portera sur le premier tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton* où Paulian expose l'œuvre de Descartes. Cependant, celle-ci aborde des sujets

³ A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 3 vol., 1763, chez Vve. Girard, Avignon.

⁴ A.-H. Paulian, *Système général de la philosophie extrait des ouvrages de Descartes et Newton*, 4 vol., chez Vve. Girard et Seguin, Avignon.

disparates ⁵ et nous nous limiterons aux parties qui concernent la physique. Notre compte rendu montrera que la physique de Descartes selon Paulian se trouve essentiellement dans deux ouvrages: le *Discours de la méthode* et les *Principes de la philosophie*. Notre chapitre a pour but de restituer certains contenus du premier tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton* et nous ne chercherons donc pas à préciser ou approfondir davantage les connaissances sur la physique de Descartes. En outre, l'ouvrage se présente sous la forme épistolaire et pour retransmettre ce qui est dit, nous garderons ce style qui présente l'intérêt de mentionner les différents avis sur les explications données, préparant ainsi le lecteur au système de physique «Newto-Cartésien» conçu par le père Paulian.

Le **chapitre 3** se limitera au deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton* où Paulian aborde les œuvres de Newton. Nous ne résumerons que les parties traitant de la physique sauf celle concernant l'astronomie newtonienne. Pour comprendre cette dernière, Paulian propose au lecteur une initiation au calcul infinitésimal que nous reprendrons. L'astronomie est un domaine où la physique de Newton s'est imposée mais il ne nous a pas semblé nécessaire d'en faire l'étude. Ce deuxième tome traite pour l'essentiel des *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* et du *Traité d'optique*. Sur le premier ouvrage, nous ne donnerons qu'un aperçu du compte rendu de Paulian essentiellement sur les principes de la mécanique de Newton. Nous reprendrons la partie sur le *Traité d'optique* dans son ensemble d'autant plus que Paulian restitue l'ouvrage de façon détaillée et linéaire. Ici, nous verrons que Paulian se montre très souvent critique envers Newton. Alors qu'il accueille très bien la première partie du *Traité d'optique*, Paulian présente la seconde comme très répétitive par rapport à la première et la dernière partie est mise au second plan ⁶. Cela est signifié par le choix du chevalier pour rendre compte de la troisième partie, ce qui permet alors à Paulian d'en faire une critique plus sévère. Dans ce chapitre 3, tout comme pour le précédent, nous ne chercherons pas à vérifier les sources primaires. Cette façon de retranscrire nous a semblé la plus propice pour comprendre la démarche intellectuelle de Paulian plutôt que de donner trop hâtivement son système «Newto-Cartésien» de physique.

⁵ Paulian décompose l'œuvre de Descartes en plusieurs catégories: la physique, la métaphysique, la «Physico-Métaphysique», la géométrie et, enfin, la «Physico-Géométrie».

⁶ Cette dernière partie que Newton intitule le livre III comporte ses observations sur le phénomène de l'inflexion ainsi que ses trente et une questions.

Le **chapitre 4** restituera la physique «*Newto-Cartésienne*» de Paulian dont nous avons retiré la partie sur l’astronomie qui présente peu d’intérêt pour notre étude dans la mesure où Paulian rejoint à ce sujet la pensée de Newton. Ainsi, nous extrairons du troisième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton* la physique de Paulian ⁷ dans laquelle il accorde les physiques des deux savants en empruntant ce qu’il juge être le meilleur et le plus certain de ce qu’ils ont pu dire. Dans la partie concernant sa physique générale nous rassemblerons les explications de Paulian sur les règles du mouvement, le «plein sensible», la lumière, le feu, l’électricité, la dureté, le ressort et la gravité. Nous constaterons alors que Paulian raisonne le plus souvent selon les lois de l’impulsion et que sa physique ne fait intervenir les actions à distance que dans de très rares cas (les mouvements des astres, la gravité des corps sur la Terre et la réfraction de la lumière). Nous verrons que, très souvent, Paulian donne une explication générale à laquelle il apporte des précisions particulières selon l’effet considéré. Parfois, comme dans sa physique terrestre, ni Newton, ni Descartes ne donnent d’explications qui lui conviennent et Paulian fait intervenir d’autres physiciens: Nollet, Sigorgne, Musschenbroek... En outre, les ouvrages de ces derniers où de nombreuses expériences sont répertoriées donnent l’occasion à Paulian de «mettre en pratique» ses conjectures. Nous observerons cette façon de faire essentiellement dans sa physique terrestre comme lorsqu’il traite des liquides dans les tubes capillaires. Nous remarquerons que Paulian n’expérimente lui-même que très rarement. La physique de Paulian porte sur un large corpus de connaissances scientifiques mettant en valeur les nombreuses conjectures de cette époque. Par exemple, nous rencontrerons souvent des fluides «insensibles» ⁸ dans les explications données sur le feu, la lumière, l’électricité ou bien encore le magnétisme. Le système de physique de Paulian fait donc intervenir plusieurs acteurs à la fois (Descartes et Newton sont les principaux) et puise dans leurs œuvres des éléments qui, bien assemblés, peuvent expliquer de nombreux phénomènes de la nature. Nous verrons que cette façon d’exercer la physique est assez bien acceptée à cette époque ⁹. Pour connaître davantage la physique

⁷ Nous verrons que Paulian distingue une physique générale et une physique terrestre dans son système.

⁸ Nous nommerons ainsi tous les fluides qui échappent aux sens.

⁹ Signalons que, pour certains, le fait que Paulian soit jésuite, était suffisant pour rejeter d’emblée ce qu’il faisait. Ainsi, dans la *Correspondance littéraire, philosophique et critique* de Grimm diffusée clandestinement pour un cercle restreint d’aristocrates parisiens sensibilisés aux idées des Lumières, nous pouvons lire dans une lettre de mars 1762: «Un autre jésuite appelé le P. Paulian, d’Avignon, a fait

de Paulian, l'examen d'articles de son *Dictionnaire de physique* nous semblera tout indiqué. Cependant, de par l'ampleur des domaines qui y sont abordés, il nous faudra faire un choix. Nous nous souviendrons alors que Paulian explique, avec son *Dictionnaire de physique*, vouloir faire entendre le système de Newton à ceux qui n'ont aucune teinture de géométrie. Dans la préface de cet ouvrage, Paulian expose la base de ce système où seules l'astronomie et l'optique de Newton apparaissent. Il semble ainsi que, dans ces deux domaines, Paulian suive totalement la pensée de Newton. Or, si cela est le cas pour l'astronomie, il en est tout autrement pour l'optique puisque, dans la partie sur la lumière du troisième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian propose une explication «hybride» pour la propagation et la réfraction... Ainsi, nous nous porterons sur l'approfondissement de l'optique de Paulian pour mieux cerner ses convictions.

Paulian se donne pour ambition de diffuser la physique newtonienne pour la faire comprendre et accepter par le plus grand nombre dans un contexte où la pensée cartésienne est encore très tenace. Cependant, en agissant de la sorte, il pourrait être amené à présenter la physique de Newton comme il voudrait qu'elle soit plutôt que comme elle est vraiment. Pour ne pas tomber dans ce possible écueil, nous examinerons, dans **le chapitre 5**, le *Traité d'optique* de Newton composé de trois livres. Nous utiliserons la seconde traduction française réalisée par Coste en 1722. Notre objectif sera de comparer son contenu avec ce qui est dit dans le second tome de *Traité de paix entre Descartes et Newton*. Ainsi, nous constaterons que Paulian remanie fortement l'œuvre afin de la rendre plus conforme à ses convictions sur le sujet. Les comparaisons faites nous permettront de relever les accords, les manques mais aussi les nombreuses inexactitudes du compte rendu que fait Paulian. Ainsi, nous verrons que ses explications sur le premier livre du *Traité d'optique* correspondent assez bien aux écrits de Newton. Ici, la pensée de Paulian est bien «en phase» avec celle du savant et nous n'y relèverons que de rares modifications. Il en est tout autrement du deuxième livre où la théorie des

imprimer un Dictionnaire de physique en trois volumes in-4°. Jamais un jésuite ne fera un bon ouvrage, ni de physique, ni de philosophie». (F. M. Grimm, Correspondance littéraire, philosophique et critique, 1778, t. 5, p. 50.) Dans une autre lettre de janvier 1764, Grimm écrit: «Le P. Paulian, jésuite d'Avignon, qui a déjà fait quelques compilations, vient de publier, en trois volumes, un Traité de paix entre Descartes et Newton, avec la vie de ces deux illustres philosophes. Et le titre, et le fond, et la forme de cet ouvrage, sont très dignes d'un moine ; mais Descartes et Newton ne méritaient pas un tel médiateur, et certainement ils ne lui ont pas donné de pleins pouvoirs». Ibid., p. 433.

accès n'est jamais mentionnée par Paulian. L'explication de Newton de la réflexion est assez mal relatée et soumise à une forte critique. En présentant le troisième livre du *Traité d'optique* divisé en deux parties, Paulian ne s'intéresse qu'à la seconde qui rassemble les 31 questions de Newton. Or, la première partie comporte des expériences sur l'inflexion de la lumière jamais décrites auparavant. Paulian commente les questions et en reprend systématiquement les contenus pour en faire une critique négative. Enfin, nous l'avons dit, Paulian donne moins d'importance aux questions qu'au reste de l'ouvrage dans la mesure où Newton cherche très souvent des réponses en faisant intervenir un fluide éthéré. Or, nous avons vu dans notre préambule que l'affrontement des deux physiques concurrentes se situait sur le plan de la reconnaissance ou non de l'attraction à distance comme donnée explicative suffisante. Les questions à la fin du *Traité d'optique* semblent plutôt montrer que Newton veut aller au-delà de l'explication de l'attraction en faisant intervenir un éther. Nous verrons ainsi que cette idée ne plaît pas à Paulian qui le fait remarquer dans ses commentaires des questions. En outre, à cet endroit du *Traité d'optique*, apparaît clairement la préférence de Newton pour l'hypothèse corpusculaire de la lumière. Paulian la fait sienne tout en rejetant l'explication de la réflexion de la lumière que donne Newton. Ainsi, avec le chapitre 5, nous verrons que les présupposés de Paulian sur la lumière sont bien établis et nous commencerons alors à déceler certaines de ses intentions.

Dans le **chapitre 6**, nos recherches s'orientent très logiquement vers l'approfondissement des points relevés dans le chapitre précédent. Ainsi, nous examinerons les articles du *Dictionnaire de physique* sur la lumière et ses différents effets lesquels se trouvant éparpillés dans l'ensemble de l'ouvrage. Cependant, nous excluons volontairement de notre champ de recherche la chaleur et le feu souvent reliés à la lumière (Newton le fait dans certaines des questions du *Traité d'optique*)¹⁰. Les articles portant sur la lumière, la réflexion, la réfraction, la double réfraction, la diffraction et la couleur seront résumés et commentés. L'article «Lumière» nous réaffirmera que Paulian situe sa pensée dans une conception corpusculaire bien qu'il ne néglige pas pour autant de donner les sentiments de physiciens pensant différemment (les hypothèses concernant la nature de la lumière ainsi que sa propagation sont loin d'être partagées par tous à cette époque). L'article «Réfraction» est l'occasion pour Paulian

¹⁰ A ce sujet, lire: R. Locqueneux, *Sur la nature du feu aux siècles classiques*, 2014, pp. 59-63

d'ajouter sa touche personnelle pour quelques cas particuliers où l'explication newtonienne ne lui convient plus. A cet endroit, nous verrons une reprise d'éléments explicatifs cartésiens comme il le fait dans le système «*Newto-cartésien*» du troisième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*. L'article «Réflexion» nous apprendra que Paulian ne conçoit pas que l'action à distance puisse intervenir pour expliquer cet effet de la lumière. Pourtant, dans son *Traité d'optique*, Newton montre, grâce à différentes observations, qu'il est impensable de concevoir la réflexion de la lumière comme des rebonds successifs sur les parties de la matière. Qu'à cela ne tienne, pour Paulian, la réflexion procède uniquement de chocs des corpuscules de lumière. Avec l'article «Diaphane», nous verrons que Paulian n'hésite pas à modifier les considérations de Newton sur la structure de la matière opaque et colorée. Ainsi, nous découvrirons que, selon Paulian, les divers pores de la matière jouent un rôle majeur pour expliquer différents effets lumineux. Dans l'article «Couleurs», disant reprendre les explications de Newton, Paulian interprète d'une façon très personnelle une multitude d'observations où apparaissent les couleurs. Ici, les deux seules raisons qu'il invoque sont les différents types de corpuscules de lumière et de pores dans la matière. Partant de là, Paulian explique de nombreuses manifestations colorées dans la nature à ceci près qu'il oublie de mentionner les lames minces et la diffraction. Pourtant, les couleurs des lames minces font l'objet d'une grande partie du second livre du *Traité d'optique* où Newton élabore sa théorie des accès. Sur cela, Paulian ne dit rien dans les articles de son *Dictionnaire de physique*. De plus, dans quelques observations du troisième livre du *Traité d'optique*, Newton parle de franges colorées obtenues par inflexion de la lumière que Paulian ne mentionne toujours pas dans l'article «Couleurs». En examinant l'article «Diffraction», nous constaterons que la couleur est une nouvelle fois oubliée par Paulian qui, de plus, décrit le phénomène de façon incomplète en n'y voyant qu'une attraction de la lumière aux abords immédiats des corps. Or, des franges apparaissent aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'ombre de l'objet portée à l'écran, ce qui montrera à l'évidence que l'attraction ne peut être l'unique cause du phénomène. C'est l'une des raisons pour laquelle les newtoniens invoquent un principe de répulsion dans la nature. Dans l'article «Cristal d'Islande», Paulian décrit la réfraction extraordinaire et les effets surprenants que montre la superposition de deux cristaux. Nous observerons que Paulian ne mentionne jamais Huygens qui détermine pourtant théoriquement la réfraction extraordinaire. Quant

à l'explication de Newton qui donne aux rayons de lumière différents «côtés» pouvant être orientés par l'action à distance de la part des cristaux, Paulian la rejette avec véhémence. Ainsi, nous verrons que notre auteur ne reconnaît dans l'action à distance qu'une possibilité attractive et que la répulsion à distance est une idée qu'il ne peut admettre. Cela sera vérifié dans son article «Répulsion» où Paulian s'évertue à rendre l'idée de répulsion totalement incongrue en modifiant quelques fois les propos de Newton pris dans ses questions du *Traité d'optique*. Enfin, nous remarquerons que Paulian se passe de toute intervention d'un éther pour expliquer les effets de la lumière. Dans la partie consacrée à la lumière du troisième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian évoque l'idée d'une lumière formant des tourbillons. Cela lui permet alors d'accéder à la cause de l'élasticité de la lumière et d'expliquer le phénomène de réflexion. Nous verrons donc que lorsque Paulian se heurte à des difficultés, il ne s'abandonne jamais à faire intervenir un hypothétique éther. Or, ce rejet de l'éther n'est pas chose aisée pour qui veut rendre compte de toute la complexité des phénomènes lumineux...

Quand Paulian décide de poursuivre la diffusion de la physique de Newton engagée avant lui, il s'affiche comme étant totalement acquis à la cause newtonienne. Pour cela, Paulian se distingue de ce qui se fait souvent en la matière. Généralement, le caractère mathématique de la physique est éclipsé au profit d'une présentation qui fait intervenir à outrance son aspect expérimental. Ce style d'ouvrages a été développé en France par Nollet, qui a beaucoup contribué à faire connaître et apprécier la physique auprès d'un large public cultivé. Cependant les mathématiques sont constitutives de la physique de Newton et Paulian ne peut qu'en tenir compte dans ses ouvrages. Les différences sur le sous-titre entre les deux premières éditions de son *Dictionnaire de physique portatif* montrent très bien l'évolution de sa pensée à ce sujet. Dans la première édition de 1758, Paulian s'adresse à «des personnes qui n'ont aucune teinture de géométrie», comme le faisait Nollet dans ses *Leçons de physique expérimentale*. Deux ans plus tard, il ajoute plusieurs articles de mathématiques à son ouvrage où l'on trouve maintenant «les notions géométriques nécessaires à ceux qui veulent se former une idée de la physique moderne». Cependant, remarquons que cet ajout de parties mathématiques n'a pas tant d'importance que cela dans la mesure où la plupart de ses lecteurs n'ont pas

beaucoup d'aptitudes à comprendre les mathématiques. Dans tous les cas, le succès de son ouvrage phare, le *Dictionnaire de physique* (1^{ère} édition en 1761), réédité à plusieurs reprises pendant presque trente ans montre que Paulian trouve là un bon équilibre pour se faire apprécier. Ainsi, à une époque où sont publiés les premiers volumes de l'*Encyclopédie* de d'Alembert et de Diderot, les dictionnaires sont un type d'ouvrage à la mode dont Paulian s'empare pour le domaine de la physique. Au début des années 1760, il est précurseur en la matière. Une vingtaine d'années plus tard, d'autres auteurs vont le concurrencer (Brisson et Sigaud de Lafond ¹¹). Avec le succès de ses ouvrages, il obtient aussi un certain crédit qui lui permet de donner son avis sur des sujets de physique. Il participe à quelques querelles avec des écrivains connus comme Nollet, Voltaire ¹² ou Sigaud de Lafond... Par exemple, à propos de l'électricité, il rentre en opposition avec l'abbé Nollet. Or, bien que Paulian jouisse d'une certaine reconnaissance dans le milieu scientifique, il faut noter qu'il n'appartient à aucune institution d'importance ¹³ comme Nollet (membre éminent de l'Académie royale des sciences de Paris). Durant les années

¹¹ M. J. Brisson, *Dictionnaire raisonné de physique*, 2 vol., 1781, Hôtel de Thou, rue des Poitevins, Paris.
J.-A. Sigaud de Lafond, *Dictionnaire de physique*, 5 vol., 1781, rue et hôtel Serpente, Paris.

¹² Dans les années 1760, Paulian correspond avec Voltaire en lui témoignant une grande admiration comme le montre cette lettre du 4 décembre 1765: «Monsieur, il est bien flatteur pour moi que le plus beau génie de ce siècle veuille bien jeter les yeux sur quelqu'un de mes ouvrages. Je suis fâché que la troisième édition du dictionnaire que vous demandez [Paulian parle de son *Dictionnaire de physique portatif*] ne soit pas encore finie. Dès que ce dictionnaire, augmenté d'un volume, paraîtra, j'aurai l'honneur de vous en faire hommage : j'espère qu'il sera moins indigne que celui-ci de vous être présenté. En attendant, je vous prie d'accepter un exemplaire de mon *Traité de paix entre Descartes et Newton*. S'il mérite votre approbation, je suis assuré qu'il méritera par là même l'immortalité». (*Euvres complètes de Voltaire*, nouvelle éd., 1818, t. 1, p. 390.) Cependant, dans les années 1770, leurs rapports se tendent suite aux critiques de Paulian, dans son *Dictionnaire philosopho-théologique portatif* (1770), contre l'auteur anonyme du sulfureux *Dictionnaire philosophique portatif* (1764). Ce dernier étant écrit par Voltaire, il en gardera une haine farouche contre Paulian et d'autres ex-jésuites qui l'avaient aussi attaqué comme le montre cet extrait d'une de ses lettres de 1772: «Mais ces chiens devraient s'apercevoir qu'ils n'aboient plus que dans la rue, qu'ils sont chassés de toutes les maisons où ils mordaient autrefois. Ce roquet de Paulian (qui le croirait ?) parle encore de la grâce suffisante». (*Euvres de Voltaire* (par Beuchot), 1832, t. 47, p. 177.) Enfin, dans notre premier chapitre, nous verrons que Paulian exprimera tout son mépris pour Voltaire qui vient de mourir.

¹³ Signalons que dans l'édition de 1773 de son *Dictionnaire de physique*, Paulian se présente comme Associé de l'Académie royale de Nîmes et, dans l'édition de 1781 comme membre de l'Académie royale de Nîmes et de la Société royale d'Agriculture de Lyon.

de la révolution française, Paulian publie un autre ouvrage de physique¹⁴ sur la base de ses leçons publiques qui sera sa dernière contribution scientifique. Cette fois, il n'est plus question pour Paulian de faire admettre la physique de Newton, le contexte de l'époque est bien différent de celui de ses premières publications...

Le traitement particulier sur l'optique newtonienne que l'on retrouve dans les ouvrages de Paulian met en avant une tendance à n'exposer que ses parties incontestables en laissant le reste dans l'ombre... Voltaire avait été le premier à «simplifier» le contenu du *Traité d'optique*¹⁵ à un moment où il fallait triompher du cartésianisme en France : il «oubliait», par exemple, ses «Questions», qui renferment pourtant des réflexions profondes de physique. Quant à Paulian, il revisite l'optique de Newton: au sujet de la lumière et de ses différents effets, il avance le plus souvent en masquant ses convictions. Bien que l'optique de Paulian reprenne beaucoup la théorie de Newton, elle ne la retient pas entièrement. Nous verrons que, pour tromper son lecteur, Paulian n'hésite pas à utiliser différents procédés rhétoriques. Ainsi, l'introduction de l'optique de Newton se fera en méconnaissant souvent les «accès», la double réfraction, la diffraction, leurs conséquences dans les interprétations de Newton, de même que les conséquences théoriques de la construction d'objectifs achromatiques¹⁶. En étudiant l'œuvre scientifique d'Aimé-Henri Paulian, peu connu aujourd'hui, nous pensons faire un choix original et digne d'intérêt pour l'histoire des sciences¹⁷.

¹⁴ A.-H. Paulian, *La physique à la portée de tout le monde*, 2 vol., 1790, chez Gaude, Nismes.

¹⁵ Voltaire donne sa version de l'optique newtonienne dans une de ses *Lettres philosophiques* (1734) et surtout dans ses *Eléments de la philosophie de Neuton* (1738).

¹⁶ Newton pensait qu'il était impossible d'éliminer les aberrations chromatiques en utilisant des lentilles et c'est pour cela qu'il construisit son télescope à miroir. Cependant, en 1757, le physicien Dollon construit des objectifs achromatiques, ce qui prouve à l'évidence que la théorie de Newton est fausse puisqu'une modification de l'indice du milieu devrait nécessairement entraîner la dispersion de la lumière.

¹⁷ Malgré le succès de ses ventes, la physique de Paulian sera très peu exploitée par ses pairs. Ainsi, reprenant les réponses données à un questionnaire de 1799 adressé par le ministre de l'intérieur aux professeurs des écoles centrales, Claudette Balpe remarque: «*En physique, les ouvrages de Brisson et Sigaud de Lafond font donc figure de référence aux yeux des professeurs* [27 citations pour Brisson, 12 pour Sigaud de Lafond, 9 pour l'abbé Nollet et une seule pour Paulian (quatre auteurs à ne pas mettre sur un même plan)]. C. Balpe, «Constitution d'un enseignement expérimental: La physique et chimie dans les écoles centrales», *Revue d'histoire des sciences*, 1999, t. 52, n° 2, pp. 251-253.

Préambule

L'état de la physique française avec le système cartésien en héritage

Après la mort de Descartes en 1650, Clerselier se charge de diffuser l'œuvre de celui qui était son ami. Il publie des écrits posthumes du savant comme sa *Correspondance*, son *Traité de l'homme* ou encore son *Traité du monde*. L'on y relève alors un Descartes plus expérimentateur que ne le présument ses ouvrages les plus connus. Jacques Rohault, gendre de Clerselier, poursuit cette diffusion ¹. Ce dernier utilise ses talents d'orateur dans des conférences scientifiques ² où il popularise le mécanisme cartésien ³. En 1671, Rohault publie un *Traité de physique* dans lequel il rend hommage à

¹ Lire à ce sujet: T. Mc Clauglin, «Le concept de science chez Rohault», *Revue d'histoire des sciences*, 1977, tome 30, n°3, p. 225, 240.

² Lire sur ce point: André Le Boeuffe, «Un savant amiénois: Jacques Rohault (1620-1672)», *Observations & Travaux*, n°58, 2004, p. 16. Nous y apprenons, entre autres choses, que, pour pouvoir satisfaire un public de plus en plus important, Rohault organisait, tous les mercredis chez lui, des séances aux cours desquelles il effectue les expériences les plus célèbres.

³ A propos de la philosophie mécaniste de Descartes, lire: *Histoire des sciences à l'époque moderne* de Simone Mazauric et *Une histoire des idées en physique* de Robert Locqueneux qui explique: «Il apparaît alors que l'empirisme strict, en détachant la physique de la métaphysique, court le risque de mettre sur des voies différentes la science et la foi. Il risque en éliminant la scolastique de laisser la religion sans appui et de faire le jeu «des déistes, athées et libertins». Descartes rejette l'empirisme pour les dangers qu'il fait courir à la foi, il fonde sa philosophie mécaniste sur une métaphysique. Dans sa philosophie, contrairement à la pensée scolastique, la physique n'est plus un préambule possible de la métaphysique, mais elle est fondée totalement sur la métaphysique. A la fin du XVII^e siècle, sous l'influence de la pensée cartésienne, l'esprit de système va prendre le pas sur l'empirisme: le physicien ne se contente plus d'une description géométrisée des phénomènes, mais suppose un agencement mécanique d'objets inobservables... La philosophie cartésienne éclipse alors les autres philosophies mécanistes. Les physiciens du XVIII^e siècle pourront avoir l'illusion qu'avant l'époque de Newton, il n'y a eu de physiciens empiristes». R. Locqueneux, *Une histoire des idées en physique*, 2009, pp. 52-54.

Descartes et fait connaître sa philosophie ⁴. Dans cet ouvrage, Rohault donne les principaux défauts de la méthode que suivent la plupart des philosophes. Pour lui, le crédit accordé aux anciens est trop grand, parfois il s'agit même d'une véritable vénération dont jouit, par exemple, Aristote. La physique est trop souvent traitée de manière métaphysique, ce qui amène le plus souvent à faire appel à des qualités occultes ⁵ de la matière pour expliquer les effets observés dans la nature. Enfin, selon lui, les mathématiques sont trop négligées et il ajoute: *«Cependant cette partie de la philosophie est peut-être la plus utile de toutes, ou du moins celle dont l'utilité est d'une plus vaste étendue»*. Il souligne également qu'une place trop importante est accordée au seul raisonnement au détriment de l'expérimentation, bien que parfois l'on trouve aussi l'aspect inverse. Ainsi, pour Rohault: *«Il ne peut-être qu'avantageux de mêler les expériences au raisonnement»*. Il donne une analyse de la pratique expérimentale et distingue trois catégories d'expériences, de la plus simple à la plus aboutie. La première correspond à l'observation, précise-t-il : *«Sans penser à appliquer ce que nous voyons à aucun usage»*. Vient ensuite la seconde catégorie d'expériences qui se fait: *«Lors de propos délibéré, mais sans savoir n'y prévoir ce qui pourra arriver, l'on fait épreuve de quelque chose»*. Par exemple, lorsque l'on reproduit une expérience maîtrisée pour arriver à un résultat connu à l'avance. Rohault classe dans cette catégorie les travaux des ouvriers en orfèvrerie, en teinturerie ou encore en métallurgie. Les expériences de la troisième catégorie sont: *«Celles que le raisonnement prévient, & qui servent à justifier ensuite s'il est faux, ou s'il est juste»*. Pour valider une explication scientifique, il suffit alors d'imaginer une expérience originale dont on ne connaît pas le résultat à l'avance. Bien que la dernière catégorie d'expériences soit la plus «utile» au physicien, les deux autres: *«Servent aussi à leur donner occasion de faire les premières conjectures touchant la*

⁴ Faisons remarquer qu'à l'époque de la publication du *Traité de physique*, la philosophie de Descartes était loin de faire l'unanimité.

⁵ Remarquons que les qualités occultes sont évoquées quand des explications ne font pas appel aux actions de contact: *«Admettre comme Galilée que la gravité est une qualité première des corps, c'est admettre une qualité occulte ; admettre l'action à distance, c'est recourir à des forces occultes et retomber dans l'irrationalisme. Aussi Descartes affirme-t-il l'existence d'un Univers plein où la substance et l'étendue se confondent et où il ne peut y avoir que des actions de contact. Le monde est conçu comme une immense horloge où toutes les actions s'interprètent mécaniquement»*. R. Locqueneux, *Sciences et théologie*, 2010, p. 43.

nature des sujets sur lesquels ils s'occupent, & à les empêcher de tomber dans quelques pensées fausses, où ils auroient pû tomber sans cela». Le *Traité de physique* de Rohault sera beaucoup utilisé dans les collèges et les Universités d'Europe à la fin du 17^{ème} siècle et début du 18^{ème} siècle. Outre le fait de propager le cartésianisme hors des frontières françaises ⁶, l'ouvrage devient une référence ⁷ dans la manière d'étudier la physique comme le souligne Paulian dans l'article «Rohault» ⁸ de son *Dictionnaire de physique*.

En 1686, Fontenelle fait paraître ses *Entretiens sur la pluralité des Mondes* qui, selon Grand Jean de Fouchy fut: «*Un vrai coup de Lumière qui apprit que les Sciences pouvaient être dépouillées de la sécheresse qu'on leur croyoit essentielle, et qu'elles étaient aussi susceptibles d'ornement que les sujets les moins sérieux*» ⁹. Le grand succès obtenu par cet ouvrage très accessible pour un lecteur non-initié permet de susciter l'intérêt des cercles mondains pour la nouvelle philosophie de Descartes. C'est aussi à cette époque que la physique cartésienne, d'inspiration mécaniste, parvient à s'imposer dans les milieux savants en France. En 1697, Fontenelle intègre l'Académie royale des sciences de Paris ¹⁰ pour y remplacer son secrétaire, l'abbé Duhamel. Le nouveau

⁶ Il est traduit en plusieurs langues. Rohault se charge lui même de la traduction en latin: «*Je prépare une version Latine en faveur des Etrangers, chez qui j'ose me promettre un accueil favorable*». J. Rohault, *Traité de physique*, 4^{ème} éd., 1696, t. 1, p. 24.

⁷ Sur ce sujet lire le texte sur Descartes de William R. Shea qui précise: «*Lorsque Newton meurt en 1727, c'est toujours le traité cartésien de Rohault qui est le manuel de base à l'université de Cambridge*». M. Blay et R. Halleux (éd.), *La science classique, XVIe-XVIIIe siècle, Dictionnaire critique*, 1998, p. 244.

⁸ «*Il s'adonna à la Physique & aux Mathématiques, qu'il regardoit comme deux sciences inséparables ; & il eut dans l'une & dans l'autre les succès les plus brillants. Son Traité de Physique, quoique fondé sur le pur Cartésianisme, sera toujours regardé, même par les Newtoniens, comme un très-bon ouvrage ; l'auteur a eu soin d'y faire entrer une foule de questions physico-mathématiques, & physico-anatomiques, dont l'explication est indépendante de tout système*». A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t.3, p. 172.

⁹ J.-P. Grand Jean de Fouchy, «Eloge de Fontenelle», *H.A.R.S de 1757*, 1762, pp. 188-192.

¹⁰ L'Académie royale des sciences de Paris est créée, en 1666, par Colbert qui la dote d'une réglementation très sommaire. Les académiciens «mathématiciens» et «physiciens» se réunissent dans la bibliothèque du Roi deux fois par semaine principalement pour examiner des écrits scientifiques pour lesquels les auteurs voulaient obtenir le privilège royal. L'Académie est refondée 1699. Elle se professionnalise et son

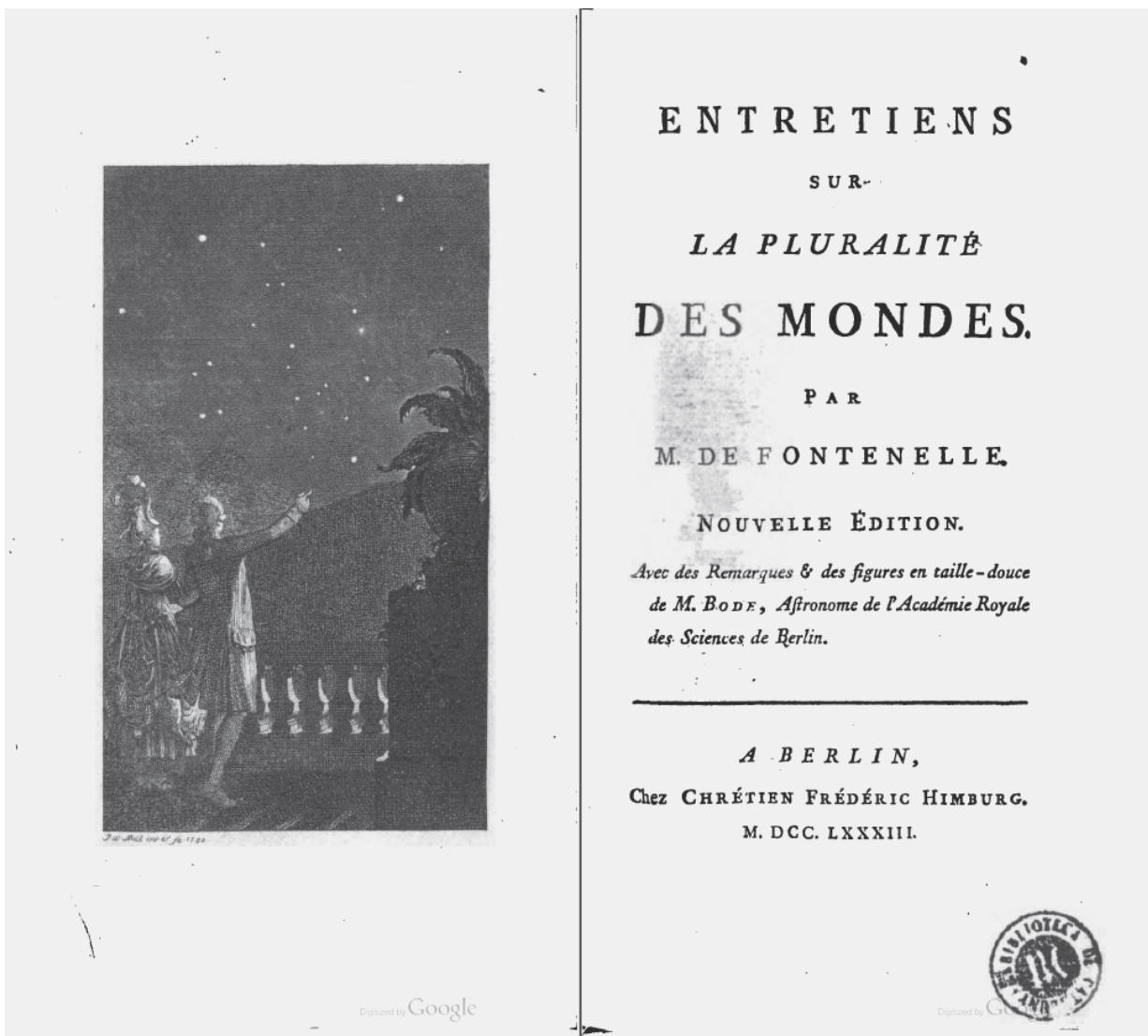
règlement de l'Académie de 1699¹¹ conforte la position de Fontenelle dans sa fonction de secrétaire qui devient perpétuelle mais aussi précise ses différentes tâches comme l'obligation de constituer des archives et de «*produire une histoire raisonnée de ce qui sera fait de plus remarquable dans l'Académie*». Ce travail donne naissance aux volumes d'*Histoire de l'Académie royale des Sciences, avec les Mémoires de Mathématiques et de Physique*. Fontenelle écrit le «Discours préliminaire» de *l'Histoire du renouvellement de l'Académie des Sciences*. Pour lui, la physique n'en est encore qu'à ses débuts et l'un des rôles majeurs de l'institution royale est: «*De faire une ample provision d'observations & de faits bien averez, qui pourront être un jour les fondements d'un système*»¹². L'Académie n'adopte aucun système pour éviter: «*De tomber dans l'inconvenient des systèmes précipitez dont l'impatience de l'esprit humain ne s'accommode que trop bien, & qui étant une fois établis, s'opposent aux veritez qui surviennent*». C'est pour cela que les registres annuels de l'Académie ne se composent que: «*De morceaux détachez, & indépendans les uns les autres, dont chaque Particulier, qui en est l'Auteur, garantit les faits et les expériences*». Cependant, elle ne rejette pas pour autant l'idée de système puisque: «*Plusieurs veritez séparées, dès qu'elles sont en assez grand nombre, offrent si vivement à l'esprit leurs rapports, & leur mutuelle dépendance*». Enfin, Fontenelle deviendra un personnage incontournable de la science française de la première moitié du 18^{ème} siècle, grand propagateur du cartésianisme durant toute sa vie¹³.

règlement devient alors bien plus détaillé. Sur ce point, lire: S. Mazauric, *Histoire des sciences à l'époque moderne*, 2009, pp. 186-188.

¹¹ Au-delà des changements structurels, l'Académie doit avoir pour ambition de faire progresser la société et, pour cela, il est donc indispensable de l'associer aux décisions politiques. Ainsi à cette époque, il apparaît un souci plus utilitariste de la recherche scientifique.

¹² Fontenelle, *Histoire du renouvellement de l'Académie Royale des Sciences en 1699*, «Préface», 1699, pp. 24-26, pour cette citation et les suivantes.

¹³ Paulian écrit un article sur Fontenelle dans son *Dictionnaire de physique* dans lequel, après avoir précisé le contenu des *Entretiens sur la pluralité des mondes*, il explique: «*Ce n'est pas-là le seul Ouvrage où Fontenelle affiche le Cartésianisme. Il fit imprimer quelques années avant sa mort [1757] sa théorie des Tourbillons. Il joue dans cette Brochure le rôle d'un grand Avocat qui entreprend la défense d'une cause que tous ses confreres regardent comme perdue, ou celui d'un habile Médecin qui tente de rendre la santé à un malade désespéré de tout le Monde*». A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 2, p. 143.



Page titre et frontispice des *Entretiens sur la pluralité des mondes* de Fontenelle

Au début du 18^{ème} siècle, Polinière popularise les expériences pour étudier la physique. En 1709, il publie ses *Expériences de physique* issues de l'enseignement qu'il dispense dans les collèges de l'Université de Paris. L'ouvrage qui reçoit d'excellentes critiques est réédité plusieurs fois jusqu'en 1741. Ses expériences publiques connaissent un énorme succès qui l'amène à faire cours en présence du jeune Roi ¹⁴. Dans la préface

¹⁴ Nous retrouvons, dans la quatrième édition des *Expériences de physique*, un «abrégé de la vie de M. Polinere» ajouté spécialement pour cette nouvelle édition qui sort après le décès du physicien: «Sa réputation attira l'attention des gens de la première distinction. Il exécuta devant eux des *Expériences de*

de la première édition de son ouvrage, Polinière explique que, pour commencer son étude de la physique grâce aux expériences, il a dû acquérir de nombreux instruments scientifiques: *«Je commençai par les plus connues, & j'en recherchai dans la suite beaucoup d'autres tant dans les cabinets de quelques Curieux, que dans les Livres des Auteurs dignes de foi. J'ai continué chaque année à augmenter le nombre de mes instrument»*¹⁵. Plus loin, il expose son sentiment sur l'utilité de l'expérience: *«Souvent la connaissance d'un fait produit une autre connaissance. On se trouve quelquefois conduit comme de main en main à des lumières que la plus subtile spéculation & la méditation la plus profonde, n'auroient j'amaï apperçues sans le secours des expériences»*. L'expérimentation en physique est sans conteste un facteur de progrès car, dit-il: *«Une expérience qui paroîtra un vain amusement aux yeux du vulgaire, fait quelquefois méditer profondément de grands Philosophes, & donne souvent lieu à des découvertes»*¹⁶. Au contraire, si l'expérimentation est absente des réflexions en philosophie naturelle, les penseurs les plus habiles courent le risque de s'égarer dans leurs raisonnements car, dit-il: *«Ayant une infinité de choses possibles, il peut souvent arriver qu'on attribue des effets à d'autres causes qu'à celles qui les produisent»*. En conséquence, pour atteindre les causes véritables des phénomènes, Polinière explique que: *«Nous devons fonder nos jugements que sur les réponses que la Nature nous fait elle-même dans les expériences»*. Enfin, l'ouvrage de Polinière qui rassemble les *«expériences qui dépendent de la même cause»* servira de recueil de connaissances scientifiques pour beaucoup de physiciens du 18^{ème} siècle¹⁷.

Physique. Il eut même l'honneur, en 1722, d'en faire cours en présence de Sa Majesté. P. Polinière, *Expériences de physique*, 4^{ème} éd., «Abrégé de la vie de M. Polinère», 1734, pp. 1-2.

¹⁵ P. Polinière, *Expériences de physique*, «Préface», 1709, pp. 3-7, pour cette citation et les suivantes.

¹⁶ Remarquons que cette manière de procéder en physique rentre dans la troisième catégorie que définit Rohault et que nous connaissons plus sous la dénomination de «méthode expérimentale».

¹⁷ Paulian fait remarquer dans l'article consacré à Polinière de son *Dictionnaire de physique*: *«Combien de ceux qui n'ont appris que dans son livre l'art de faire des expériences, ont voulu, en affectant de ne le citer jamais, ensevelir ce même livre dans l'oubli ! Ils ont beau faire ; Polinière sera toujours leur maître. Pour moi j'avoue avec reconnaissance qu'il a été très souvent le mien»*. A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 3, p. 63.

EXPERIENCES DE PHYSIQUE;

1671-
*Par M. PIERRE POLINIÈRE;
Docteur en Médecine, & de la
Société des Arts.*

CINQUIÈME EDITION;
Revue, corrigée, & augmentée sur les
Manuscrits de l'Auteur.

TOME PREMIER.



A PARIS, rue Saint-Jacques.

Chez { CLOUZIER, à l'Ecu de France.
BORDELET, à Saint Ignace.
DAVID, Fils, à la Plume d'or.
GANEAU, à l'Image Saint Louis.

M. DCC. XLI.

Avec Approbation & Privilège du Roi.

Page titre des *Expériences de physique* de Polinière

La physique à Londres et à Leyde

Durant les années où Polinière popularise les expériences de physique en France, Desaguliers, membre de la Royal Society¹⁸, devient le plus ardent propagateur de la physique de Newton en Angleterre. Pour se faire, il se sert de la physique expérimentale dont il développe l'enseignement¹⁹. Dans la préface de son *Cours de Physique expérimentale*²⁰, publié pour la première fois en 1719, Desaguliers explique le peu d'amélioration apportée par la nouvelle philosophie de Descartes pour étudier la nature. Selon lui, les cartésiens sont attachés: «A un genre de Philosophie qui ne demande aucune connaissance des Mathématiques ; et s'appuyant sur des principes dont ils n'examinaient pas la réalité, et qui ne pouvaient pas s'accorder ensemble, ils se flattaient d'être en état d'expliquer mécaniquement toutes les apparences par le seul mouvement des particules de la matière»²¹. De plus, il ajoute que la philosophie de Descartes est un grand «roman» qui néglige les mathématiques et que c'est «le Chevalier Newton, qui a le premier

¹⁸ Signalons que Robert Boyle est considéré comme l'un des fondateurs qui a le plus influencé la Royal Society. En 1655, il part habiter à Oxford afin de rejoindre un petit cercle scientifique qui s'est formé autour de John Wilkins, groupe de savants qui, précise Michael Hunter dans un texte sur Boyle, «a souvent été considéré comme précurseur de la Royal Society en 1660». (M. Blay et R. Halleux (éd.), *La science classique, XVIe-XVIIIe siècle, Dictionnaire critique*, 1998, p. 208.) Ajoutons que Boyle s'adjoint les services de Robert Hooke qui l'aide à réaliser ses expériences. C'est ainsi qu'ils conçoivent la chambre à vide avec laquelle ils étudient les effets de l'air afin d'en connaître sa nature. Après cette période riche en manipulations, Boyle publie de nombreux ouvrages sur le sujet. Son travail est diffusé par la Royal Society et Boyle incarne alors pour beaucoup la «méthode expérimentale» que promulgue l'organisation savante.

¹⁹ Dans l'article du *Dictionnaire de physique* consacré à Desaguliers, Paulian écrit: «En l'année 1704 ou 1705 le Docteur Keill imagina de faire des leçons publiques de Physique expérimentale à la manière des Mathématiciens, c'est-à-dire, il donna des propositions fort simples, qu'il prouva par des Expériences ; de ces premières propositions il en tira d'autres plus composées, qu'il confirma aussi par des Expériences. Les succès qu'il eut, engagerent le Docteur Désaguliers à entrer dans la même carrière. Il raconte lui-même qu'en 1710 il donna son premier Cours public de Physique expérimentale à Oxford, & à Londres en 1713 ; & que de 11 à 12 Sçavans qui de son vivant faisoient des Cours d'Expériences en Angleterre & dans les autres parties du Monde, il avoit eu l'honneur d'en avoir 8 parmi ses Disciples». A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 1, p. 514.

²⁰ Le titre original de l'ouvrage est : *System of experimental Philosophy*.

²¹ J.-T. Desaguliers, *Cours de physique expérimentale*, trad. française, «préface», 1751, t. 1, pp. 4-8, pour cette citation et les suivantes.

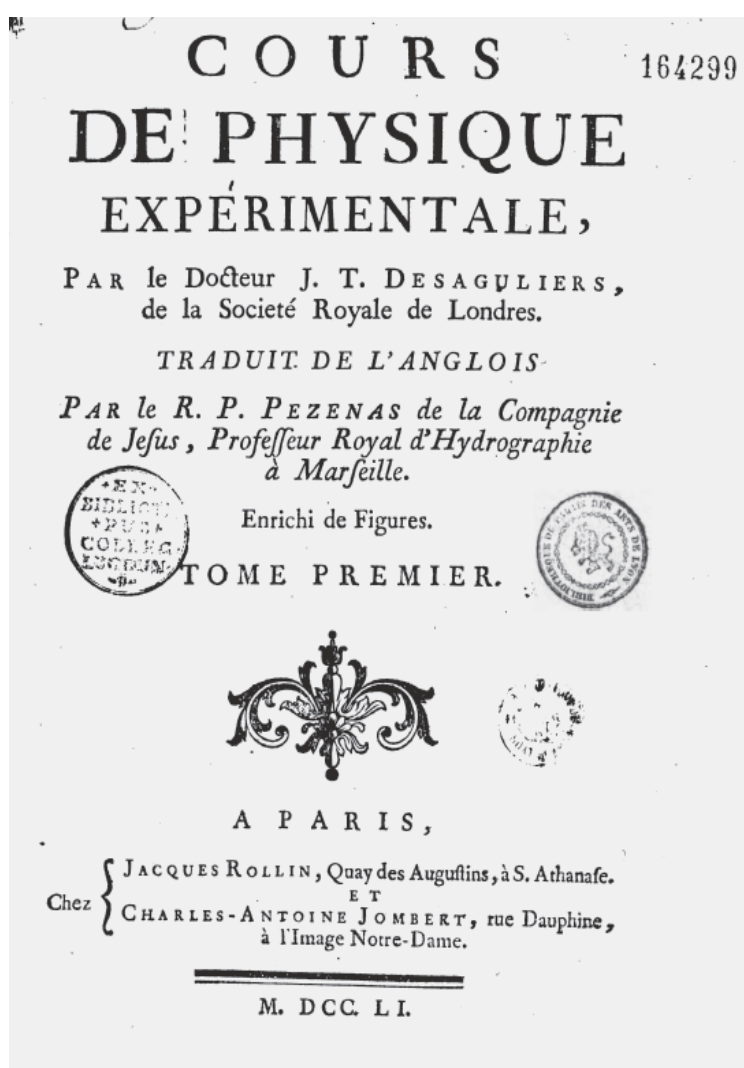
appliqué la Géométrie à la philosophie». Alors qu'aucune théorie n'explique les mouvements des corps célestes, il ajoute: *«Aujourd'hui il a trouvé cette cause dans les loix universelles de l'attraction (dont il a prouvé l'existence d'une manière incontestable)»*. Ainsi, pour Desaguliers, la seule cause des mouvements des corps célestes n'est autre que l'attraction elle-même puisque les calculs en sont la preuve indéniable. Cependant, il entend dire venant de certains cartésiens: *«Si la connaissance de la Géométrie était nécessaire pour les convaincre, ils aimeraient mieux persévérer dans leur manière de philosopher, que de se jeter dans un si grand embarras»*. A cela, Desaguliers répond que la philosophie naturelle ne consiste pas à raisonner *«sur des principes qui paraissent faux ou arbitraires, et imaginés uniquement pour expliquer un phénomène»*. Reprenant l'explication des mouvements célestes, Desaguliers distingue l'hypothèse cartésienne qui *«rend raison du système du monde»* et celle newtonienne qui en démontre *«les causes réelles»*. Pour tous les phénomènes de la nature, les causes ne pourront être connues qu'en comparant toutes les expériences et observations réalisées, sans jamais se fier aux hypothèses avancées par d'autres pour *«qui la force de l'imagination fournit des conjectures qui sont démenties par les observations journalières et par les Loix du mouvement»*.

Il explique qu'il est tout à fait possible de faire de la philosophie newtonienne sans recourir à des principes mathématiques: *«L'illustre M. Locke²² est le premier qui a trouvé le moyen de devenir Philosophe Newtonien sans se servir de la Géométrie. Il demanda à M. Huygens²³ si toutes les propositions mathématiques du Livre des Principes*

²² La philosophie de Locke, contenue dans son *Essai philosophique sur l'entendement humain* (1690) et qui correspond très bien la pratique empiriste de la physique que prône la Royal Society, va très rapidement imprégner les milieux scientifiques en Angleterre puis plus tard en France. Ainsi, Bernard Maitte explique en présentant cette philosophie: *«Pour connaître, il faut donc partir à la découverte des propriétés sensibles: nous devons rejeter foi, croyance, probabilité. La vérité n'est que la concordance avec ce que nous appréhendons: donner à notre connaissance cette limite, c'est assurer la tolérance. Le siècle se passionne pour Locke, le pratique, l'admire»*. B. Maitte, *Histoire de l'arc-en-ciel*, 2005, p. 193.

²³ Grâce, entre autres, à une aisance peu commune dans le domaine des mathématiques, Huygens est admis comme membre éminent de l'Académie royale des sciences de Paris nouvellement créée par Colbert en 1666. Sur ce savant, Robert Locqueneux précise: *«Physicien de la génération intermédiaire entre Descartes et Newton, Huygens adopte de manière critique le système du monde de Descartes, mais ne se soucie aucunement de sa métaphysique. Il est à la fois l'un des meilleurs théoriciens et l'un des meilleurs*

de Newton étaient véritables, et M. Huygens lui ayant répondu qu'il pouvait compter sur leur évidence, il les regarda comme des hypothèses incontestables». De là, il suffit d'examiner avec soin «les raisonnements et les corolaires que l'on tire de ces principes» pour être convaincu de la philosophie newtonienne... Une autre possibilité est d'utiliser des machines pour «expliquer et prouver par l'expérience, ce que Newton a démontré mathématiquement», et Desaguliers ajoute que, par cette autre voie, «quelques-uns y ont pris tant de goût, qu'ils se sont enfin déterminés à étudier les Mathématiques, et sont devenus de grands Philosophes».



Page titre du *Cours de physique expérimentale* de Desaguliers

expérimentateurs de son temps, sa contribution au perfectionnement des instruments de laboratoire est essentielle». R. Locqueneux, *Une histoire des idées en physique*, 2009, p. 59.

Desaguliers jouit d'une grande renommée qui l'amène à côtoyer de nombreux savants comme le hollandais 's Gravesande, futur professeur à l'Université de Leyde²⁴. En 1715, ce dernier qui est secrétaire d'ambassade à Londres rencontre le propagandiste de la physique de Newton et découvre alors sa façon d'enseigner la physique expérimentale. Quelques années plus tard, en 1719, 's Gravesande publie ses *Eléments de physique*²⁵. Le titre complet ne prête à aucune confusion quant à la physique pratiquée par l'auteur : *Eléments de physique démontrés mathématiquement, et confirmés par des expériences; ou introduction à la philosophie newtonienne*. Dans la préface de l'ouvrage, il précise: «*La méthode, que suivent les Anglais, en enseignant la Philosophie naturelle m'a fait venir l'idée de celle que j'ai suivie dans cet Ouvrage*»²⁶. 's Gravesande reconnaît que les philosophes ne s'accordent pas toujours dans l'étude de la physique: «*Tout homme, qui voudra comparer entr'eux les Ecrits des Philosophes sur la Physique, sera tenté de croire que ce mot désigne des Sciences totalement différentes ; et cependant, malgré la diversité qui règne entre'eux, tous prétendent donner la véritable cause des mêmes phénomènes*»²⁷. Pour lui, la première des précautions à prendre lorsque l'on étudie la nature est «*de ne pas adopter, comme vérité, quelque Fiction de notre esprit*». 's Gravesande donne des précisions sur la physique qu'il pratique: «*Mais comme les Philosophes ne sont nullement d'accord sur ce que nous devons regarder comme une Loi de la Nature, & sur la Méthode qu'il faut employer pour parvenir à la connaissance de ces Loix ; j'ai cru devoir indiquer dans cette Préface les raisons que j'ai eues de suivre*

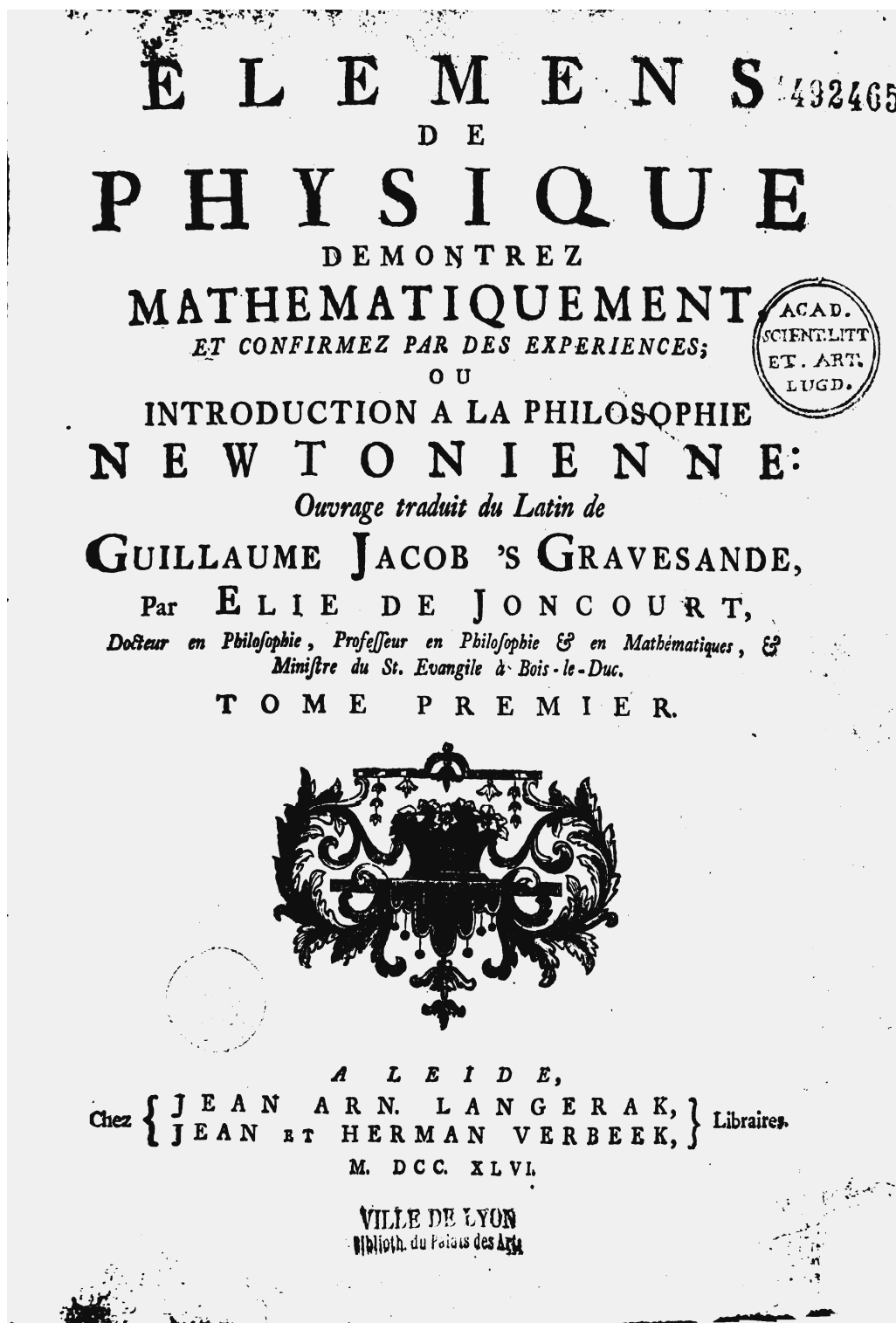
²⁴ L'Université de Leyde est fondée en 1575. C'est la plus ancienne des Universités de Hollande et l'influence qu'elle exerce en Europe à la fin du 17^{ème} siècle et dans la première partie du 18^{ème} siècle est grande grâce aux savants célèbres qui y travaillent (Huygens, 's Gravesande, Musschenbroek...).

²⁵ Le titre original de l'ouvrage est: *Physices elementa mathematica experimentis confirmata, sive introductio ad philosophiam Newtonianam System of experimental Philosophy*. La traduction française date de 1746. Signalons que les ouvrages mentionnés de 's Gravesande et de Desaguliers n'ont pas la même portée. Le premier peut-être considéré comme une synthèse des connaissances en philosophie naturelle, traitée mathématiquement, et le second, un apprentissage progressif de la physique aux moyens des expériences. Le premier s'adresse à un public dont les connaissances en mathématiques sont assez poussées, l'autre, dans lequel les expériences remplacent parfois les démonstrations mathématiques, convient davantage à un public d'amateurs peu enclins aux réflexions mathématiques.

²⁶ W. J. 's Gravesande, *Eléments de physique*, trad. française, «Préface de la première édition de 1719», 1746, t. 1, p. 11.

²⁷ *Ibid.*, pp. 1-3, pour cette citation et les suivantes.

dans cet Ouvrage la Méthode de Newton, telle que je l'ai exposée en peu de mots dans le premier Chapitre».



Page titre des *Eléments de physique* de 's Gravesande.

L'influence de la physique expérimentale «pro-newtonienne» incarnée par Desaguliers s'accroît encore quand celui-ci se rend en personne en Hollande. Il rencontre alors le physicien Pierre van Musschenbroek qui raconte cela dans la préface de son *Essai de physique*²⁸ : «*La lecture de l'excellent Ouvrage de Mr. NIEUWENTYDT Sur L'Existence de Dieu*²⁹, a d'abord excité la curiosité du Public, elle a réveillé son attention, & chacun a dès lors voulu apprendre à connaître les merveilles cachées dans les productions admirables de l'Auteur de la Nature. Quelques temps après la publication de cet Ouvrage, on a vu arriver dans ce Pays, Mr. Desaguliers, un des fameux Philosophes de ce siècle, & dont tout le monde connaît la grande capacité. Son adresse à faire des Expériences, jointe à l'éloquence incomparable, lui a attiré par tout où il a fait quelque séjour, un grand nombre de Curieux, qui venoient le trouver de toutes parts pour profiter de ses leçons. Sa manière d'enseigner ne pouvoit manquer d'être applaudie, & de plaire à ses Auditeurs. Il leur montrait à l'œil ce que la lecture ne leur avoit appris qu'imparfaitement, & ont-ils n'avoient qu'une idée superficielle. On ne les entretenoit pas de simples conjectures, ni d'hypothèses mal fondées, dont Descartes & ses sectateurs ont chargé la philosophie ; mais on leur proposoit quelque chose de réel, qu'on exposoit clairement à leur vue, & qu'on leur démontroit de diverses manières par des Expériences tout-à-fait convaincantes»³⁰. Après ce voyage de Desaguliers, Musschenbroek compose, en latin, un recueil de ses cours de physique dont des extraits sont très rapidement traduits dans des périodiques spécialisés hollandais. Dans l'ouvrage, Musschenbroek remarque : «*J'ai souvent remarqué le peu d'exactitude de plusieurs Philosophes dans la Description qu'ils nous ont donnée de leurs Expériences, & dans la manière dont ils s'y sont pris pour les faire*». Parfois, ajoute-il, les conclusions générales ne s'appuient que sur «*une ou deux expériences, sur lesquelles on ne pouvait pas beaucoup compter*», ce qui peut conduire à énoncer des principes inexacts. Partant de sa propre pratique, Musschenbroek décrit la façon dont il faut agir en physique expérimentale³¹. Aux personnes qui souhaitent se lancer dans l'étude de la physique en

²⁸ L'*Essai de physique* de Pierre van Musschenbroek est publié pour la première fois en latin en 1726.

²⁹ B. Nieuwentydt, *Sur l'existence de Dieu, démontrée par les merveilles de la nature*, 1715.

³⁰ P. Musschenbroek, *Essai de physique*, trad. française, «Préface», 1751, t. 1, pp. 6-22, pour cette citation et les suivantes.

³¹ Soulignons que Pierre Musschenbroek a toujours travaillé avec son frère Jean, fabricant d'instruments scientifiques. Dans la préface des *Eléments de physique*, 's Gravesande précise qu'il s'attachait les services

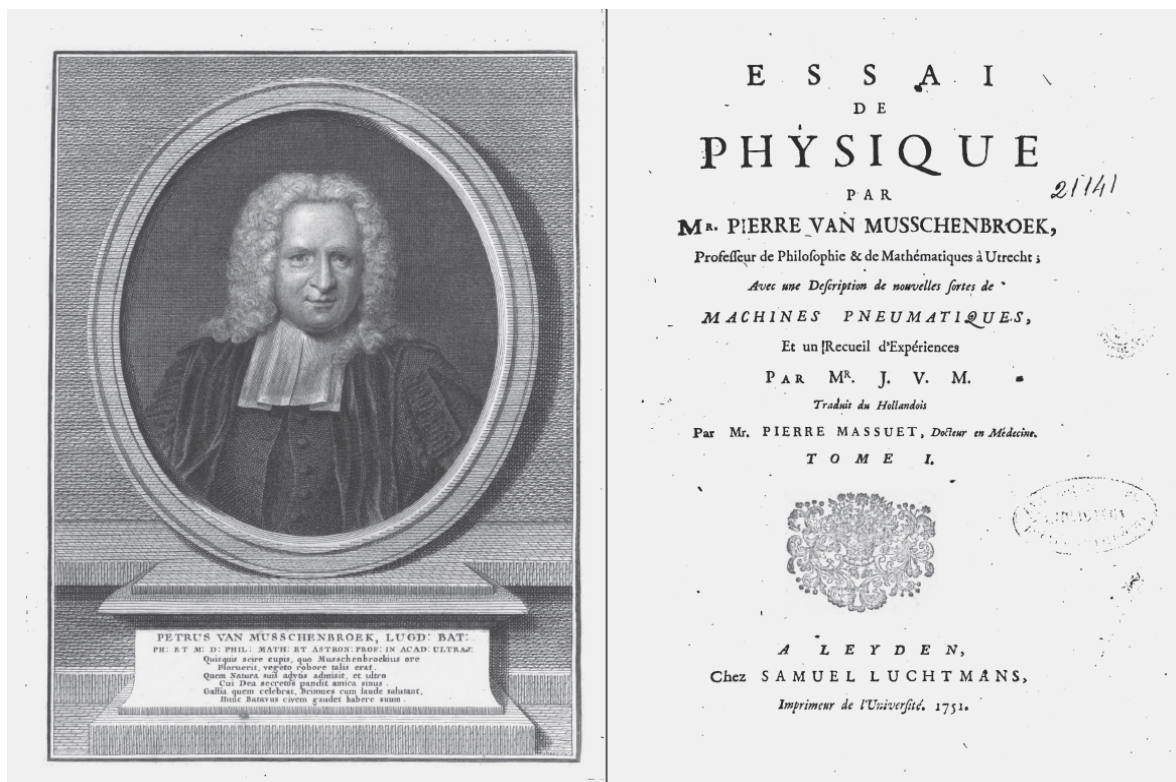
utilisant son ouvrage, Musschenbroek met en garde ceux qui ne possèdent pas les bases mathématiques suffisantes: «[Ils] ne sçauroient jamais comprendre ce que c'est qu'une véritable démonstration, & ne peuvent avoir aucune idée de la méthode ni de l'ordre qu'on observe, lorsqu'il s'agit de prouver quelque chose»³². Et bien qu'il évite autant que possible d'avoir recours aux mathématiques dans son ouvrage, il conseille à ses lecteurs de ne pas négliger cette matière car, dit-il: «Ce qu'il y a de meilleur dans la Physique ne sçauroit se passer du secours des Mathématiques». De plus, en lisant attentivement les ouvrages de physique expérimentale de Pemberton³³ et de Desaguliers, poursuit-il: «On pourra remarquer avec quel soin ils ont fait usage des Mathématiques, afin de faire mieux goûter à tout le monde la philosophie d'ISSAC NEWTON». Pour lui, il est donc souvent impossible de se passer des mathématiques pour progresser en physique³⁴.

du constructeur: «La plûpart des Machines, dont je me sers, ont été faites par Jean Van Musschenbroek, qui joint à la qualité d'excellent Artisan des connoissances peu communes en Mathématiques & en Physique, & qui est parfaitement au fait de toutes ces Machines». (W. J. 's Gravesande, *Eléments de physique*, trad. française, «Préface», 1746, t. 1, p. 11.) Jean Musschenbroek qui débute sa carrière auprès de 's Gravesande a certainement pu profiter du travail de son frère pour acquérir des connaissances peu communes en instrumentation scientifique.

³² P. Musschenbroek, *Essai de physique*, trad. française, «préface», 1751, t. 1, pp. 21-22, pour cette citation et les suivantes.

³³ H. Pemberton, *View of Sir Isaac Newton's philosophy*, S. Palmer, Londres, 1728. L'ouvrage a été traduit en français en 1755, sous le titre, *Eléments de la philosophie Newtonienne*.

³⁴ Dans son *Dictionnaire de physique*, Paulian signale que Desaguliers faisait remarquer, dans son *Essai de physique*, que, pour composer sa physique, Descartes ne faisait pas appel aux mathématiques que le philosophe connaissait pourtant très bien et sur ce point, Paulian précise: «Les Cartésiens de nos jours ne méritent pas un pareil reproche. Plusieurs d'entre-eux, ont présenté le Cartésianisme avec un appareil de Géométrie & d'Algèbre capable d'en imposer à des Personnes qui ne seroient pas sur leurs gardes. On trouve dans leurs Ouvrages des choses presque aussi sçavantes que celles que Désaguliers a mises dans les Notes qui terminent chacune de ses leçons. Les Cartésiens ont même pour l'ordinaire plus de méthode & plus de clarté que le Docteur Anglois, qui dans sa Physique ne participe que trop aux défauts de sa Nation». A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 1, p. 514.



Frontispice et page titre de l'*Essai de physique* de Musschenbroek

Eloge de Newton par Fontenelle

En France, la pénétration de la physique de Newton se fait lentement grâce aux périodiques³⁵ qui traitent de sciences³⁶. Ainsi les *Philosophical Transactions*, où l'on

³⁵ En France, il y a trois journaux qui diffusent une actualité scientifique: le *Journal des savants*, les *Mémoires de Trévoux* et le *Mercure de France*. La création du *Journal des savants* remonte à la fondation de l'Académie royale des sciences de Paris. Ce périodique, proche des institutions à ses débuts, est un moyen pour le pouvoir monarchique d'exercer un certain contrôle sur les échanges intellectuels qui se font souvent par l'intermédiaire des correspondances épistolaires dans un cadre privé. Les *Mémoires pour l'Histoire des Sciences et des Beaux-Arts*, périodique plus connu maintenant sous le nom des *Mémoires de Trévoux* ou bien du *Journal de Trévoux*, est fondé en 1701 à Trévoux puis édité un peu plus tard à Paris. Ce journal aborde des domaines plus larges que le *Journal des Savants*, mais conserve ses caractéristiques: «Il diffusait des informations concernant l'actualité scientifique au sens large du terme, qui incluait, comme pour le *Journal des savants*, l'érudition historique et théologique». S. Mazauric, *Histoire des sciences à l'époque moderne*, 2009, p. 193.

retrouve la plupart des travaux de la Royal Society qui sont publiés en langue anglaise, sont commentées dans de nombreux articles en français³⁷. Cependant, de 1688 à 1713, la France et l'Angleterre étant en conflit³⁸, les relations scientifiques entre les deux pays s'en trouvent affectées. Le *Journal des savants* accorde beaucoup moins de place aux sciences anglaises, préférant alors commenter les travaux français de l'Académie royale des sciences. La diffusion des travaux scientifiques anglais se poursuit tout de même avec la presse hollandaise qui les publie en français mais aussi grâce aux jésuites³⁹. Après la paix d'Utrecht en 1713, les relations scientifiques entre les deux pays s'intensifient et la presse française accompagne cette tendance. Le périodique *L'Europe savante*, publié que très peu de temps (1718-1719), contribue à diffuser en France les idées de Newton qui, dans ses *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, attaque ouvertement le bien fondé des tourbillons cartésiens⁴⁰. En 1720, Coste⁴¹ traduit le *Traité d'optique*⁴², la

³⁶ Lire: G. Bonno, «La culture et la civilisation britannique devant l'opinion française de la paix d'Utrecht aux Lettres philosophiques», *Transactions of the American Philosophical Society*, vol. 38, part. 1, 1948, pp. 122-124.

³⁷ «A partir de 1665, le *Journal des savants* fait une grande place aux comptes-rendus des mémoires qui composent ces *Transactions*». *Ibid.*, p. 123.

³⁸ En 1688, la guerre de la Ligue d'Augsbourg éclate suite aux querelles franco-anglaises concernant les colonies en Inde et en Amérique du Nord. En 1703, la guerre de succession d'Espagne débute pour se terminer dix ans plus tard avec une négociation défavorable pour la France (Traité d'Utrecht).

³⁹ Sur la diffusion jésuite de la pensée anglaise au début du 18^{ème} siècle, Edith Flamarion explique: «Les jésuites, réaffirmant, loin du dualisme cartésien, que la pensée est étroitement dépendante des sens, accordent un intérêt particulier, dès l'ouverture du siècle, à l'empirisme de Locke et à la pensée de Newton... Les Mémoires de Trévoux rendent compte en février 1709 du *Traité d'optique*, à partir de la version latine donnée à Londres en 1706 par Samuel Clarke». E. Flamarion, *La chair et le verbe. Les jésuites de France au XVIIIème siècle et l'image*, 2008, pp. 23-24.

⁴⁰ Sur ce sujet, dans *Cirey dans l'histoire intellectuelle : la réception de Newton en France*, présenté par François De Gandt et publié en 2001, lire le texte de W.H. Barber: «Le Newton de Voltaire», pp. 115-125.

⁴¹ Pierre Coste a traduit en français la plupart des ouvrages de Locke et le *Traité d'optique* de Newton en 1720.

⁴² En prélude à sa traduction, Coste précise que c'est la princesse de Galles qui lui a demandé ce travail. Pour garantir la qualité scientifique de l'ouvrage, le traducteur fait appel à Desaguliers: «J'ai eu recours, du consentement de l'Auteur, aux lumières d'un habile Mathématicien qui a eu la bonté de revoir mon Manuscrit avec soin. C'est M. DESAGULIERS, Membre de la Société Royale, où il est employé, en titre d'office, à faire les expériences qu'on propose dans cette Fameuse Assemblée». Coste signale que les principales expériences que l'on trouve dans l'ouvrage ont été montrées à Paris par P. Sébastien, «lequel en

première édition anglaise datant de 1704, qui est le second ouvrage de Newton après ses *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* publiés en 1787.

Dans l'éloge de Newton⁴³ qu'il écrit peu de temps après la disparition du philosophe anglais en 1727, Fontenelle commence par relater la vive controverse entre Newton et Leibniz s'agissant de l'antériorité de l'invention de la méthode des fluxions ou des infiniment petits. Fontenelle poursuit en donnant les deux théories principales contenues dans les *Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle* de Newton publié en 1687: celle concernant les forces centrales et celle traitant de la résistance des milieux au mouvement dont toutes deux, précise Fontenelle, sont «traitées selon la sublime Géométrie de l'Auteur»⁴⁴. Dans la théorie de la force centrale, poursuit-il, tous les corps «pèsent les uns sur les autres, ou s'attirent en raison de leurs masses, et quand ils tournent autour d'un centre commun, dont par conséquent ils sont attirés, et qu'ils attirent, leurs forces attractives varient dans la raison renversée des quarrés de leurs distances à ce centre». Néanmoins, ajoute Fontenelle, «on ne sait point en quoi consiste la Pesanteur, et M. Neuton lui-même l'a ignoré». L'attraction réciproque entre les corps laisse donc perplexe Fontenelle qui raisonne: «Si la Pesanteur agit par impulsion, on conçoit qu'un bloc de Marbre qui tombe, peut être poussé vers la Terre, sans que la Terre soit aucunement poussée vers lui... Mais si elle agit par attraction, la Terre ne peut attirer le bloc de Marbre, sans que ce bloc n'attire aussi la Terre». Pour Fontenelle, le choix délibéré de Newton d'introduire l'attraction à distance sans jamais chercher à la définir montre les limites de sa théorie: «L'usage perpétuel du mot attraction, soutenu d'une grande autorité, et peut-être aussi de l'inclinaison qu'on croit sentir à M. Neuton pour la chose même, familiarise du moins les Lecteurs avec une idée proscrite par les

présence de plusieurs personnes très intelligentes a vérifié la plupart des Expériences de ce Traité des couleurs, avec une entière exactitude». Dans l'assemblée, précise Coste, se trouvaient le Cardinal de Polignac, Varignon et Fontenelle. I. Newton, *Traité d'optique*, «Préface du traducteur», 1720, pp. 4-13, pour ces citations.

⁴³ Signalons que Fontenelle a donné un style particulier à l'éloge académique qui ne s'applique qu'au monde scientifique. Il invente une pratique différente et on le désigne comme l'un des premiers inventeurs d'une discipline nouvelle: l'histoire des sciences. Pour en savoir davantage, lire: S. Mazauric, *Fontenelle et l'invention de l'histoire des sciences à l'aube des lumières*, 2007.

⁴⁴ Fontenelle, «Eloge de Newton», *H.A.R.S de 1727, 1729*, pp. 154-164, pour cette citation et les suivantes.

cartésiens, et dont les autres Philosophes avaient ratifié la condamnation, il faut être présentement sur ses gardes, pour ne lui pas imaginer quelque réalité, on est exposé au péril de croire qu'on l'entend». Fontenelle admet tout de même que: «D'une théorie si abstraite, formée de plusieurs Théories particulières, toutes très-difficiles à manier, il naît nécessairement des conclusions toujours conformes aux faits établis par l'Astronomie». Il en vient à la seconde théorie des *Principes*, qui est, pour lui, encore plus discutable que la première puisque les conclusions «détruisent les *Tourbillons de Descartes*, et renversent ce grand Edifice céleste, qu'on aurait cru inébranlable». Selon cette théorie, les corps célestes se déplacent dans le vide et Fontenelle fait remarquer: «L'attraction et le vuide, bannis de la physique par Descartes, et bannis pour jamais selon les apparences, y reviennent ramenés par M. Neuton, armés d'une force toute nouvelle dont on ne les croyait pas capables, et seulement peut-être un peu déguisés». Fontenelle s'efforce alors de saluer la mémoire de Newton en faisant un parallèle avec Descartes⁴⁵: «Tous deux Géomètres excellents ont vu la nécessité de transporter la Géométrie dans la physique...Mais l'un, prenant un vol hardi, a voulu se placer à la source de tout, se rendre maître des premiers principes par quelques idées claires, et fondamentales, pour n'avoir plus qu'à descendre aux phénomènes de la Nature, comme à des conséquences nécessaires; l'autre plus timide, ou plus modeste, a commencé sa marche par s'appuyer sur les phénomènes pour remonter aux principes inconnus, résolu de les admettre quels que les pût donner l'enchaînement des conséquences». Fontenelle positionne l'étude de la physique entre les deux approches bien différentes qu'incarnent Descartes et Newton. Il poursuit avec *Le Traité d'optique* qui est l'autre grand ouvrage de Newton. Fontenelle y admire la pratique expérimentale de l'auteur: «Une utilité de ce Livre, aussi grande peut-être que celle qu'on tire du grand nombre de connaissances nouvelles dont il est plein, et qu'il fournit un excellent modèle de l'Art de se conduire dans la Philosophie Expérimentale. Quand on voudra interroger la Nature par les expériences, et les observations, il la faudra interroger comme M. Neuton, d'une manière aussi adroite, et aussi pressante». A la fin de l'éloge, Fontenelle revient sur l'attraction que Newton conçoit généralement comme «le principe agissant de toute la Nature, et la cause de tous les mouvements». Reprenant les qualités occultes des scholastiques,

⁴⁵ Il est important de signaler que cette façon de procéder en comparant Descartes et Newton sera employée par de nombreux autres auteurs dans les années qui suivront la publication de l'éloge de Newton.

Fontenelle condamne les causes tout aussi «occultes» de Newton: «Mais ce que les Scholastiques appelaient Qualités occultes, n'étaient-ce pas des Causes ? ils voyaient bien aussi les Effets. D'ailleurs ces causes occultes, que M. Neuton n'a pas trouvées, croyait-il que d'autres les trouvassent? s'engagera-t-on avec beaucoup d'espérance à les chercher?» Enfin, Fontenelle remarque que Newton a su imposer ses idées dans toute l'Angleterre d'autant qu'il fut le Président de la Royal Society de 1703 jusqu'à sa mort ⁴⁶.

Intensification du débat en France avec Maupertuis et Voltaire

L'éloge de Newton écrit par Fontenelle montre des physiques en France et en Angleterre très différentes mais ne vise pas à mettre en cause le système cartésien omniprésent dans la recherche scientifique française. Maupertuis ⁴⁷ est le premier en France à œuvrer pour que soit reconnue la physique newtonienne. En 1732, il publie le *Discours sur les différentes figures des astres avec une exposition abrégée des Systèmes de M. Descartes & de M. Newton* ⁴⁸. Cet ouvrage d'une petite centaine de pages

⁴⁶ Signalons que Newton publie son *Traité d'optique* en 1704 quelques temps après le décès de Robert Hooke, l'un de ses plus farouches opposants en Angleterre. De plus, Newton est anobli par la royauté en 1705, ce qui rehausse encore son prestige.

⁴⁷ Pierre-Louis Moreau de Maupertuis est élu à l'Académie royale des sciences en qualité d'adjoint mécanicien en 1723 et devient rapidement Associé. Après avoir publié quelques mémoires, il part en voyage à l'étranger. D'abord en Angleterre, où il devient membre de la Société royale de Londres, puis en Suisse où il rencontre le cadet des frères Bernoulli. A son retour en France, il prend la place à l'Académie de M. Saurin qui vient de décéder et devient, à 32 ans, Pensionnaire-Géomètre. Signalons encore que Maupertuis rencontre, lors de son séjour londonien, Clarke, Pemberton et Desaguliers qui l'initient aux théories newtoniennes auxquelles il va adhérer. Pour en savoir davantage sur le parcours de Maupertuis, lire le texte de Marco Panza dans: M. Blay et R. Halleux (éditeurs), *La science classique, XVIe-XVIIe siècle, Dictionnaire critique*, 1998, pp. 341-355.

⁴⁸ Lors de cette même année 1732, Maupertuis présente à l'Académie un mémoire qui reprend des éléments contenus dans les *Principia* de Newton. Dans cette étude, Maupertuis veut aller au-delà des «quelques Propositions particulières, & celles-là seulement qui étoient nécessaires pour l'exposition du système de M. Newton» et il souhaite ne traiter le sujet que de façon mathématique: «Je n'examine point si l'Attraction répugne ou s'accorde avec la saine philosophie. Je ne la traite ici qu'en Géomètre». (Maupertuis, «Sur les loix de l'attraction», *M.A.R.S de 1732, 1735*, p. 343 pour cette citation et la précédente) Ce mémoire de Maupertuis est commenté par Fontenelle dans l'*Histoire de l'Académie Royale des sciences*. Celui-ci

seulement est destiné au grand public et a pour but de proposer des explications aux deux observations astronomiques suivantes: le changement de grandeur des étoiles et les anneaux de Saturne. Maupertuis y insère aussi «*une exposition abrégée des systèmes de Descartes et de Newton*» qui nous intéresse plus particulièrement. Le plan de l'ouvrage nous montre que les explications newtoniennes sont rassemblées dans un même chapitre et les explications cartésiennes, en deux chapitres distincts. Ce choix indique déjà là où Maupertuis veut en venir: le système de Newton explique tout autant le mouvement des planètes que la chute des corps sur la Terre alors que la théorie cartésienne pour ces mêmes phénomènes fait appel à des explications distinctes. Dans le deuxième chapitre qui a pour titre «Discussion métaphysique sur l'Attraction», Maupertuis se livre à un véritable plaidoyer pour défendre l'attraction que certains veulent bannir de toute explication scientifique: «*Le mot d'attraction a effarouché les Esprits ; plusieurs ont craint de voir renaître dans la Philosophie, la doctrine des qualités occultes*»⁴⁹. Maupertuis fait référence à la démarche galiléenne pour montrer qu'il est tout à fait possible de fournir: «*Une théorie très-belle & très sûre, & d'expliquer les phénomènes qui en dépendent...sans connoître la cause de la pesanteur des corps sur la Terre*». Néanmoins, il remarque que, pour les opposants à l'attraction comme Saurin⁵⁰, il faut: «*Philosopher toujours sur des principes clairs de Méchaniques*»⁵¹. Ainsi, si l'on raisonne différemment, pense Saurin: «*Toute la lumière que nous pouvons avoir est éteinte, & nous voilà replongez de nouveau dans les anciennes ténèbres du Peripathetisme, dont le Ciel nous veuille préserver*». Maupertuis veut alors montrer que le principe d'attraction peut être en accord avec les propriétés reconnues de la matière. Tout d'abord, dit-il, il y a les propriétés primitives des corps comme l'étendue et l'impénétrabilité, et d'autres

revient alors sur ce qu'il avait pu dire dans l'éloge de Newton. Pour Fontenelle, l'approche géométrique de l'attraction newtonienne que développe Maupertuis n'apporte pas de réponse pour «*faire voir qu'une certaine Attraction primitive supposée satisfait à tous les Phénomènes, tant terrestre que célestes*». Fontenelle, *H.A.R.S de 1732*, 1735, p. 117.

⁴⁹ Maupertuis, *Discours sur les différentes figures des astres*, 1732, pp. 11-44, pour cette citation et les suivantes.

⁵⁰ Joseph Saurin est un mathématicien cartésien pensionnaire de l'Académie royale des sciences de Paris qui entre dans le débat sur le calcul différentiel qui amène les premières années du 18^{ème} siècle.

⁵¹ J. Saurin, «D'une difficulté considérable proposée par M. Huygens contre le système cartésien sur la cause de la Pesanteur», *M.A.R.S de 1709*, 1733, p. 148.

propriétés relatives à l'état des corps comme, par exemple: *«La propriété qu'ont les corps en mouvement, de mouvoir les autres qu'ils rencontrent»*. Pour Maupertuis, il serait absurde de vouloir, à partir d' *«un petit nombre de propriétés à peine connues, prononcer dogmatiquement l'exclusion de tout autre»*. La force impulsive est acceptée contrairement à la force attractive car, poursuit-il: *«Des philosophes, [ont été] assez déterminés pour vouloir décider à priori, quelles propriétés peuvent se trouver dans les corps, & quelles doivent en être bannies»*. Pour comprendre l'impulsion, Maupertuis explique qu'il faut dire que *«les corps n'ont point la force impulsive»* et il ajoute: *«C'est Dieu lui-même qui meut le corps choqué, ou qui a établi des loix pour la communication de ces mouvements»*. Maupertuis fait alors remarquer qu'il ne serait pas *«plus difficile à Dieu de faire tendre ou mouvoir l'un vers l'autre deux corps éloignés, que d'attendre, pour le mouvoir, qu'un corps ait été rencontré par un autre»*. De plus, un corps qui rencontre un autre corps ne peut continuer sa route en pénétrant l'autre corps. Cela contredit la propriété d'impénétrabilité et Maupertuis ajoute: *«Il faut que Dieu établisse quelque loi qui accorde le mouvement de l'un avec l'impénétrabilité des deux»*. La loi est donc devenue nécessaire pour les chocs sans pour autant que, pour deux corps éloignés, il n'y ait *«nécessité d'établir de nouvelle loi»*. Voilà une autre objection que l'on peut faire au principe de l'attraction et Maupertuis cherche donc à examiner: *«Si l'attraction, quand même on la considérerait comme une propriété inhérente à la matière, étoit métaphysiquement possible»*. Bien que le raisonnement qu'il suit ne permet pas de conclure si l'attraction existe vraiment, Maupertuis prouve qu'elle est métaphysiquement possible puisque: *«[Elle] ne renferme ni impossibilité ni contradiction»*. Ainsi, pour lui, une fois cette possibilité démontrée: *«On peut librement examiner si les phénomènes la prouvent ou non»*. Pour conclure et avant de passer à l'examen *«des deux grands systèmes qui partagent aujourd'hui le Monde philosophe»*, Maupertuis peut affirmer: *«C'est dans le système de l'Univers qu'il faut aller chercher, si c'est un principe qui ait effectivement lieu dans la nature ; jusqu'à quel point il est nécessaire pour expliquer les phénomènes ; ou enfin s'il est inutilement introduit pour expliquer des faits que l'on explique bien sans lui»*. Dans le troisième chapitre, Maupertuis explique, dans le système cartésien, le mouvement des planètes autour du soleil *«plongées dans un fluide, qui circulant lui-même autour de cet Astre, forme le vaste Tourbillon dans lequel elles sont entraînées, comme des vaisseaux abandonnés au courant d'un fleuve»*. Cependant, le système cartésien perd

sa validité lorsqu'il est confronté aux deux lois de Kepler: les planètes balayent des aires proportionnelles au temps (loi des aires) et *«le temps de la révolution de chaque Planète autour du Soleil, est proportionnel à la racine quarrée du cube de sa moyenne distance au Soleil»*. Maupertuis précise: *«Si l'on veut donc assûrer une de ces loix aux Planètes, l'autre devient nécessairement incompatible⁵²»*. Une autre objection au système astronomique cartésien concerne les comètes qui traversent les différentes couches *«sans recevoir d'altération sensible dans leur mouvement»*. Pour expliquer cela, une nouvelle hypothèse est envisagée: *«Les comètes elles mêmes seroient aussi apparemment entraînées par des fluides qui circuleroient à travers les fluides qui portent les Planètes, sans se confondre, ni altérer leur cours»*. Dans le quatrième chapitre qui concerne la pesanteur des corps sur la Terre, Maupertuis signale que Descartes l'explique en supposant : *«Un Tourbillon d'une matière fluide qui circule extrêmement vite autour de la Terre dans la direction de l'équateur»*. La matière fluide tend à s'éloigner de l'axe de la Terre à cause de la force centrifuge qui s'exerce sur chacune de ses parties et ainsi, à proximité de la surface de la Terre, un corps *«nage»* dans le fluide en rotation dont les parties: *«Ayant toujours plus de force centrifuge que le corps, prendront successivement sa place, jusqu'à ce qu'elles l'ayent chassé au centre»*. Cette explication simple, poursuit Maupertuis, pose néanmoins plusieurs difficultés que Huygens avait relevées. Ainsi, la vitesse importante du tourbillon capable de *«chasser»* tous les corps devrait: *«Faire éprouver aux mêmes corps quelque'impulsion horizontale, ou plutôt entraîner tout dans le sens de sa direction»*. Or, les corps en chute libre ne sont jamais déviés de leur trajectoire et se dirigent toujours vers le centre de la Terre. Huygens suppose alors, signale

⁵² Maupertuis précise que Leibniz et Bulffinger ont tenté de corriger cette grave défaillance de la théorie des tourbillons. En 1728, Bulffinger approfondit le travail de Leibniz et reçoit alors un prix. Cependant, Maupertuis ne croît pas à cette explication car, dit-il: *«Il n'est pas facile d'admettre ces différentes couches sphériques se mouvant avec des vitesses indépendantes & interrompües»*. Il remarque que d'autres objections contre le système des tourbillons ont pu être levées depuis. Par exemple, Newton avait calculé les vitesses des différentes couches du tourbillon entraîné par le soleil mais, précise Maupertuis: *«Il les trouvoit fort différentes de celles qui sont nécessaires pour la regle de Képler, qui regarde le rapport entre les temps périodiques des Planetes, & leurs distances au Soleil»*. En 1730, Bernoulli calcule à son tour les vitesses des couches du tourbillon. Cette fois les résultats s'approchent davantage de ceux escomptés. Maupertuis, *Discours sur les différentes figures des astres*, 1732, pp. 22-33, pour ces citations.

Maupertuis, que la matière éthérée «*se meut en tout sens dans l'espace sphérique qui la contient*». Cette nouvelle conception du tourbillon terrestre est toutefois reçue avec peu d'enthousiasme car: «*Il n'est pas facile de concevoir ces mouvements circulaires de la matière éthérée dans toutes les directions*». Bulffinger propose alors un autre système dans lequel circulent, autour de la Terre, «*quatre Tourbillons opposés deux à deux, qui se traversent sans se détruire*». Au terme du chapitre, Maupertuis peut signaler: «*L'on n'a pû encore accorder, d'une manière satisfaisante, les Tourbillons avec les phénomènes*». Néanmoins, il ajoute: «*L'on n'est pour cela en droit d'en conclure l'impossibilité*». Dans le cinquième chapitre de l'ouvrage, Maupertuis résume la théorie newtonienne. Celle-ci débute avec la loi des aires: «*Si un corps qui se meut est attiré vers un centre immobile, ou mobile, il décrira autour de ce centre des Aires proportionnelles aux temps ; & réciproquement, que si un corps décrit autour d'un centre immobile, ou mobile, des Aires proportionnelles aux temps, il est attiré vers se centre*». Cette loi est démontrée géométriquement par Newton qui trouve une application concrète avec les mouvements des planètes et des satellites. De plus, Newton considère que ces différents astres se situent: «*Dans le vuide, ou dans des espaces si peu remplis de matière, qu'elle n'apporte aucune résistance sensible aux corps qui s'y meuvent*». Après avoir établi l'existence d'une force centrale, Newton cherche ensuite à déterminer la loi qui la régit. Il se sert pour cela d'une autre «*analogie*» de Kepler: «*Les temps des révolutions des différentes Planètes autour du Soleil, & des Satellites autour de leur Planète, sont proportionnels aux racines quarrés des cubes de leurs distances au Soleil, ou à la planète principale*». A ce stade des explications newtoniennes, Maupertuis compare la démarche employée par Newton avec celle des cartésiens: «*Supposer cette force & sa loi, n'est plus faire un Système ; c'est découvrir le principe dont les faits observés sont les conséquences nécessaires*». Newton entreprend un autre raisonnement géométrique dans lequel il cherche «*la courbe que doit décrire un corps, qui avec un mouvement rectiligne d'abord, est attiré vers un centre par une force dont la loi est celle qu'il a découverte*». La solution trouvée est une ellipse dont l'un des foyers est occupé par la force centrale. Cela correspond bien aux observations: «*Les Planètes se meuvent dans des Ellipses, dont le Soleil occupe le foyer*». De plus, les trajectoires des comètes sont expliquées de la même façon et doivent suivre, elles aussi, la loi de la force centrale. Newton détermine par le calcul, en prenant quelques positions connues, l'orbite d'une comète qu'il compare «*avec*

la trace que la Comète décrit réellement dans le reste de son cours». Il effectue ce travail avec l'aide de l'astronome Halley qui confirme bien les résultats attendus: *«Les Comètes se sont trouvées aux points de leurs Orbites ainsi déterminés, presque avec autant d'exactitude, que les Planètes se trouvent aux lieux de leurs Orbites déterminés par les Tables ordinaires»*. Enfin, la théorie newtonienne conjugée à des observations précises est capable de prédire le retour des comètes bien que leur révolution autour du soleil nécessite parfois plusieurs dizaines d'années. Maupertuis en vient à l'explication newtonienne de la chute des corps sur la Terre pour laquelle Newton prend la lune pour objet d'étude qui, attirée par la Terre, viendrait à «tomber» si elle perdait son mouvement. L'idée est simple: *«L'orbite de la Lune & le temps de sa révolution autour de la Terre sont connus ; on peut par-là connoître l'espace que la force qui attire la Lune vers la Terre, lui feroit parcourir dans un temps donné»*. Sachant que la distance moyenne entre la Terre et la lune est de soixante fois le rayon de la Terre, l'on trouve: *«L'attraction que la Terre exerce sur la Lune, dans la région où elle est, lui feroit parcourir environ 15 pieds dans une minute»*. L'attraction exercée par la Terre sur la lune serait donc 3600 fois plus grande⁵³ si La lune se trouvait à proximité de la surface terrestre et elle ferait donc parcourir à la Lune une distance bien plus grande: *«Environ 3600 fois 15 pieds dans une minute; parce que les corps, dans le commencement de leur mouvement, parcourent des espaces proportionnels aux forces qui les font mouvoir»*. Or, le résultat précédent correspond parfaitement aux expériences de Huygens qui ont permis de connaître: *«L'espace que parcourt un corps animé par la seule pesanteur»*. Cela confirme bien que la chute des corps sur la Terre est un effet de la force d'attraction newtonienne bien que Maupertuis nous précise qu'il n'est pas possible d'en faire la mesure directe. Enfin, à cause de la chute des corps sur la Terre, il est bien difficile de percevoir les attractions réciproques entre les corps puisque, dit-il: *«Entraînés tous vers le centre de la Terre par une force immense, cette force rend insensibles leurs attractions particulières, comme la tempête rend insensible le plus léger souffle»*.

⁵³ La distance est divisée par soixante lorsque la lune se trouve au niveau de la Terre et l'attraction augmente en fonction du carré de soixante, soit 3600 fois plus grande.

G. Prunelle P.P.M.M.

402611

DISCOURS

SUR

LES DIFFERENTES FIGURES DES ASTRES;

D'OU L'ON TIRE DES CONJECTURES
sur les E'toiles qui paroissent changer de
grandeur; & sur l'Anneau de Saturne.

AVEC

Une Exposition abrégée des Systemes de M.
Descartes & de M. Newton.

*Par M. DE MAUPERTUIS, de l'Académie Royale
des Sciences, & de la Société Royale de Londres.*



A PARIS,
DE L'IMPRIMERIE ROYALE.

M. DCCXXXII.

Page titre du *Discours sur les différentes figures des astres* de Maupertuis.

Le *Discours sur les différentes figures des astres* indique l'enthousiasme de Maupertuis pour clarifier et défendre la «nouvelle» philosophie anglaise et cet ouvrage sera le point de départ de la propagation de la pensée newtonienne dans les années 1730

en France. Pour l'heure, l'introduction de la théorie newtonienne se heurte encore à une grande hostilité des cercles savants souvent acquis au cartésianisme comme le montre un article des *Mémoires de Trévoux* d'avril 1733. L'auteur se montre assez critique lorsqu'il aborde la discussion de Maupertuis sur l'attraction: «*Monsieur de Maupertuis voudrait-il donner à l'attraction plus de force que ne lui en a donné M. Newton ? Car ce qu'il recherche ici, passe les bornes de la physique & du simple fait, & iroit à établir l'attraction comme un principe métaphysique & tout-à-fait primitif d'action, de mouvement, de pesanteur*»⁵⁴. Un peu plus loin, le contenu de l'article devient même plus véhément encore: «*Si nous avons des corps, dit l'Auteur, des idées complètes, nous ne serions pas embarrassés pour décider si l'attraction est une propriété de la matière. Est-il nécessaire de remonter jusqu'à là ? Non*». Pour ce qui concerne l'astronomie cartésienne et le trajet des comètes en particulier, le rédacteur de l'article reconnaît que Maupertuis a raison de dire que l'explication donnée est insuffisante. Mais reprenant cette difficulté à la fin de son article, il commente une tentative cartésienne pour y remédier et il soutient la physique cartésienne: «*Que ne doit point tenter la saine Philosophie, plutôt que d'admettre le vuide & l'attraction*». Pour finir, l'article met en avant la prudence dont Newton fait preuve quand il aborde le concept de l'attraction: «*Toutes les fois qu'il a parlé à découvert & pour le Public, il a toujours modifié son discours, & adouci ces idées par des peut-être, par des suspensions, par des correctifs*».

L'«Eloge de Newton» puis le *Discours sur les différentes figures des astres* lancent un vif débat entre les cartésiens et les newtoniens, mais la publication, en 1734, des *Lettres philosophiques* par un certain M. de V***, qui n'est autre que Voltaire⁵⁵, aura

⁵⁴ *Mémoires de Trévoux*, 1733, pp. 707-717, pour cette citation et les suivantes.

⁵⁵ En 1722, Voltaire rencontre Lord Bolingbroke qui l'initie progressivement à la physique newtonienne et aux lectures qui la propagent. Il découvre aussi la philosophie de John Locke. Cela l'incite à se rendre à Londres en 1726. Là-bas, il rencontre des proches de Newton dont sa nièce Catherine et le docteur Samuel Clarke. C'est lors de son séjour que Newton meurt et Voltaire se rend compte de l'immense ferveur populaire que provoque la disparation du physicien dans tout le royaume d'Angleterre: «*La reine Anne a promu Newton au rang de chevalier en 1705, et ses obsèques à Westminster Abbey en 1727 ont été marquées par une splendeur solennelle égale à celle accordée à un membre de la famille royale*». W.H. Barber, «Le Newton de Voltaire», *Cirey dans l'histoire intellectuelle : la réception de Newton en France* (présenté par F. De Gandt), 2001, p. 121.

pour conséquence d'exacerber encore plus les tensions entre les deux camps. L'ouvrage de Voltaire comporte quatre lettres qui parlent de Newton. La quatorzième lettre a pour titre: «Lettre sur Descartes et Newton», la quinzième: «Lettre sur le système de l'attraction», la seizième: «Lettre sur l'optique de monsieur Newton», et enfin la dix-septième: «Lettre sur l'infini et sur la cronologie». La «Lettre sur Descartes et Newton» dans laquelle Voltaire compare les deux savants est, en quelque sorte, le pendant «anglais» de l'éloge de Newton par Fontenelle. Ces deux textes se ressemblent au niveau de la forme narrative, l'une faisant explicitement référence à l'autre. La lettre débute ainsi: *«Un Français qui arrive à Londres trouve les choses bien changées en philosophie comme dans le reste, il a laissé le monde plein il le retrouve vuide ; à Paris on voit l'univers composé de tourbillons de matière subtile ; à Londres on ne voit rien de cela...»*⁵⁶ Puis, concernant leur philosophie, il ajoute: *«L'essence même des choses a totalement changé : vous ne vous accordez ni sur la définition de l'âme ni sur celle de la matière. Descartes assure que l'âme est la même chose que la pensée, & Loke lui prouve assez bien le contraire. Descartes assure encore que l'étendue seule fait la matière, Newton y ajoute la solidité»*. Voltaire remarque, dans l'éloge de Newton écrit par Fontenelle, que la comparaison permanente qui est faite entre Newton et Descartes a beaucoup exaspéré les anglais: *«On attendoit en Angleterre le jugement de Mr de Fontenelle comme une déclaration solennelle de la supériorité de la Philosophie Anglaise ; mais quand on a vû qu'il comparoit Descartes à Newton, toute la Société Roïale de Londres s'est soulevée»*. Après avoir donné les biographies des deux savants, Voltaire signale: *«Très peu de personnes à Londres lisent Descartes, dont effectivement les ouvrages sont devenus inutiles, très-peu lisent aussi Newton, parce qu'il faut être fort sçavant pour le comprendre»*. Mais Voltaire tient tout de même à louer les mérites de Descartes en tant que géomètre: *«Il est le premier qui ait trouvé la manière de donner les équations algébriques des Courbes. Sa géométrie, grâce à lui, devenue aujourd'hui commune, étoit de son temps si profonde, qu'aucun Professeur n'osa entreprendre de l'expliquer»*. Malheureusement, poursuit Voltaire, Descartes finit par s'adonner à l'esprit des systèmes et, à partir de là : *«Il se trompa sur la nature de l'âme, sur les preuves de l'existence de Dieu, sur la matière, sur les loix du mouvement, sur la nature de la lumière : il admit des idées innées, il inventa de nouveaux éléments, il créa un monde...»*.

⁵⁶ Voltaire, *Lettres philosophiques*, 1734, pp. 62-78, pour cette citation et les suivantes.

Bien qu'un temps, la physique de Descartes, à travers les écrits de Rohault, obtenait un succès considérable, Voltaire remarque: *«Aujourd'hui tous les recueils des Académies de L'Europe ne font même pas un commencement de systèmes : en approfondissant cet abîme, il s'est trouvé infini»*. L'esprit cartésien des grands systèmes a montré ses limites et Voltaire promet d'expliquer, dans les lettres qui suivent, en quoi consiste la nouvelle physique newtonienne. Dans la «Lettre sur le système de l'attraction», Voltaire précise que le contenu de celle-ci fait état des découvertes de Newton qui *«regardent le système du monde»*. Il explique aussi que le système cartésien n'a su expliquer correctement les mouvements des planètes qu'au terme de nombreux changements. La cause primordiale invoquée par les cartésiens a toujours été d'autant mieux acceptée *«qu'elle est simple & intelligible à tout le monde»*. Pour eux, tout mouvement ne peut s'expliquer que par l'impulsion: les planètes sont continuellement poussées par une matière subtile. Cette matière circule *«d'Occident en Orient, puisque c'est d'Occident en Orient que toutes les planètes sont entraînées»*. De plus, Voltaire explique qu'un second tourbillon *«qui nâge dans le grand, & qui tourne journellement autour de la Planète»* cause la pesanteur et il ajoute: *«La matière subtile qui tourne autour de notre petit tourbillon, doit aller dix sept fois plus vite que la Terre»*, pour que sa force centrifuge repousse les objets au sol. Voltaire rejette la théorie des tourbillons cartésiens car, dit-il: *«Avant que de calculer la force centrifuge & la vitesse de cette matière subtile, il falloit s'assurer qu'elle existât, & supposé qu'elle existe, il est encore démontré faux qu'elle puisse être la cause de la pesanteur»*. Il s'appuie sur l'avis de Newton qui affirme que le petit tourbillon devrait perdre progressivement son mouvement. De plus, *«si la Terre nâge dans un fluide»*, à la manière d'un corps flottant entre deux eaux, la densité du fluide devrait être identique à celle de la Terre. Concernant maintenant les «grands tourbillons», Newton a relevé plusieurs incohérences que Voltaire rapporte. Premièrement, les tourbillons ne s'accordent pas *«avec les règles de Kepler dont la vérité est démontrée»*. Les planètes qui ont des trajectoires elliptiques devraient aller plus vite lorsqu'elles sont plus proches les unes des autres *«puisque le fluide qui l'emporte, étant alors plus pressée, doit avoir plus de mouvement»*, mais l'observation montre le contraire. De plus, certaines comètes traversent les tourbillons dans d'autres sens, ce qui paraît inexplicable. Voltaire détaille le raisonnement qui a permis à Newton d'aboutir à un principe *«qui cause à la fois le mouvement de tous les corps célestes & qui fait la pesanteur sur la Terre»*. Il eût l'idée

d'appliquer à la lune, un principe⁵⁷ concernant la chute des corps sur Terre. A partir du moment où «*cette force de gravitation*» agit sur l'ensemble des corps célestes, elle agit aussi sur chacune des parties de ces corps et donc: «*Ce pouvoir existe réellement dans toute la matière, & dans les plus petites particules de la matière*». Toutes ses recherches ont conduit Newton à considérer l'attraction, explique Voltaire, «*comme le grand ressort qui fait mouvoir toute la nature*». Mais pour ne pas heurter les lecteurs qui verraient dans l'attraction un retour aux anciennes qualités occultes, Voltaire explique que Newton s'était contenté d'affirmer: «*Il y a dans tous les corps une force centrale qui agit d'un bout de l'univers à l'autre sur les corps les plus proches, & sur les plus éloignés, suivant les loix immuables de la mécanique*». Cependant, ce reproche a souvent été répété en France⁵⁸ et Voltaire ajoute: «*On entend dire partout : pourquoi Newton ne s'est-il pas servi du mot d'impulsion que l'on comprend si bien, plutôt que du terme d'attraction qu'on ne comprend pas ?*» Voltaire répond alors aux critiques visant la démarche de Newton en parlant en son nom. Ainsi, il explique que les mots impulsion et attraction sont aussi difficiles à comprendre l'un et l'autre car: «*Si vous ne concevez pas pourquoi un corps tend vers le centre d'un autre corps, vous n'imaginez pas plus par quelle vertu un corps peut en pousser un autre*». Voltaire ajoute que l'impulsion est conditionnée à l'existence d'une matière céleste invisible dont Newton a prouvé l'incapacité à expliquer les mouvements des corps célestes. Le mot d'attraction permet de désigner un effet naturel, «*effet certain & indiscutable d'un principe inconnu, qualité inhérente à la matière*». Mais dans ce cas, poursuit Voltaire, pourquoi Newton utilise tant de calculs pour aboutir à un résultat dont on ne connaît toujours pas la cause ? A cela, il répond que sa mécanique des forces centrales prouve indiscutablement qu'il n'y a pas d'autre principe car: «*Les corps graves tombent sur la terre selon la proportion démontrée des forces centrales, & les planètes achevant leurs cours suivant ces mêmes proportions*». A la fin de la quinzième lettre, Voltaire retourne, contre eux, la critique principale mise en avant par les détracteurs de la théorie newtonienne: «*Ce sont les tourbillons qu'on peut appeler qualité occulte, puisqu'on n'a jamais prouvé leur existence. L'attraction au*

⁵⁷ Galilée avait découvert que le «pouvoir» qui produit la chute des corps sur la Terre se faisait toujours selon la même progression.

⁵⁸ A cet endroit, Voltaire cite deux textes bien connus pour avoir critiqué l'attraction newtonienne: «*M. Sorin dans les Mémoires de l'Académie de 1709. & M. de Fontenelle dans l'éloge même de M. Newton*».

contraire est une chose réelle, puisqu'on en démontre les effets & qu'on en calcule les proportions».

LETTR ES PHILOSOPHIQUES

Par M. de V.....



A AMSTERDAM,
Chez E. L U C A S , au Livre d'or.

M. D. C.C.XXXIV.

Page titre des *Lettres philosophiques* de Voltaire

Comme le *Discours sur les différentes figures des Astres* de Maupertuis, les *Lettres philosophiques* ont fait l'objet de vives critiques dans le *Journal de Trévoux*. Le premier article⁵⁹ qui concerne les *Lettres philosophiques* paraît en janvier 1735. Il fait référence à une publication récente, les *Lettres servant de réponse aux Lettres Philosophiques de M. de V****, n'ayant pas de nom d'auteur⁶⁰, qui sert de prétexte au rédacteur jésuite pour commenter l'ouvrage de Voltaire. Tout d'abord l'article souligne le peu de crédit qu'il faut donner aux publications de ce type : «*En reprochant à M. de V*** un style superficiel, cavalier & audacieux, le Critique donne absolument dans le même défaut, d'affirmer beaucoup & de ne rien prouver, de toucher à tout sans rien approfondir*»⁶¹. Puis, l'auteur de l'article explique que, dans un premier temps, le journal n'avait pas l'intention d'aborder le sujet dans ses colonnes et, s'il le fait maintenant, c'est seulement pour «*que les réponses soient solides, & que ce contraste seul démontre la différence des sujets*». Un deuxième article paraît le mois suivant où l'on trouve développée très longuement la lettre traitant de la philosophie de Locke⁶² puis les trois lettres suivantes: «*L'Auteur que nulle partie, nulle question de philosophie n'arrête, entreprend ici de terminer un grand différend, qui partage toute l'Europe sçavante, entre Descartes et Newton*»⁶³. L'auteur de l'article ne daigne même pas détailler la quinzième

⁵⁹ Cet article est un exemple qui montre que les jésuites, par l'intermédiaire de leur journal, prennent position sur des sujets d'actualité, n'hésitant pas à combattre les idées qui ne leur conviennent pas. En outre, en France, il y a de nombreux collèges jésuites où des lecteurs des *Mémoires de Trévoux* ont fait leurs études. La compagnie de Jésus exerce donc à cette époque une influence qui n'est pas négligeable sur une partie de la population cultivée française. Par exemple, Voltaire a fait ses études dans un collège jésuite de Paris.

⁶⁰ Dans son *Dictionnaire des ouvrages anonymes et pseudonymes*, Antoine-Alexander Barbier, aidé en cela d'une note manuscrite, attribue la *Réponse aux Lettres philosophiques de M. de V**** à l'abbé de Molinier appartenant à la congrégation de l'Oratoire. A.-A. Barbier, *Dictionnaires des ouvrages anonymes et pseudonymes*, seconde édition, 1824, t. 3, p. 216.

⁶¹ *Mémoires de Trévoux*, 1735, pp. 95-110, pour cette citation et les suivantes.

⁶² L'auteur de l'article n'adhère pas aux idées du philosophe anglais qui s'écartent beaucoup trop de la philosophie cartésienne et qui tentent surtout à désunir la philosophie du fait religieux: «*La philosophie & la Théologie ne sauraient se contredire, non plus que la raison & la foi qui en sont les objets. La théologie n'est point contraire à la Philosophie ; elle est seulement au-dessus d'elle, comme la foi est élevée au-dessus de la raison*». *Mémoires de Trévoux*, 1735, pp. 317-318.

⁶³ *Ibid.*, pp. 331-333, pour cette citation et les suivantes.

lettre «Sur le système de l'attraction» puisqu'il rejette *de facto* la notion d'attraction qu'il compare à une «*qualité simplement occulte*». Il nous donne alors ses certitudes en la matière comme par exemples: «*L'attraction ne se voit qu'en ce qu'on ne la voit pas, ou pour mieux dire, on l'imagine dès qu'on ne voit rien...Le monde est un Etre, le vuide n'est que néant*».

Avec le *Discours sur les différentes figures des astres*, nous voyons que Maupertuis avance avec beaucoup de prudence quand il aborde la question de l'attraction. Il montre ensuite les nombreuses difficultés que présente le système des tourbillons cartésiens. Il signale que le système de Newton qui invoque des espaces célestes vides n'est pas un système conçu à l'avance comme celui de Descartes. La théorie de Newton permet de prédire les mouvements des comètes et les calculs effectués sur la lune mettent en lien l'attraction des astres et la gravité terrestre. Quant à Voltaire dans ses *Lettres philosophiques*, il souligne plus fortement les différences en établissant un parallèle entre Descartes et Newton. Il se dit être contre les systèmes préétablis et rejette les tourbillons cartésiens puisque, de l'avis même de Newton, ils devraient produire des frottements et ralentir les corps célestes, ce qui n'est jamais observé. De plus, les tourbillons ne respectent pas les lois de Kepler et n'expliquent pas les mouvements des comètes. Pour Voltaire, les calculs sur la lune sont la preuve de l'universalité de l'attraction. Celle-ci n'a pas lieu d'être rejetée car la méconnaissance de la cause n'est pas incompatible avec l'avancement de la science comme le montre les succès de la théorie des forces centrales de Newton. Enfin, sur ce sujet, l'on voit que Maupertuis cherche avant tout à poser le problème en le rendant le plus accessible possible alors que Voltaire, lui, veut davantage polémiquer afin d'élargir ce débat scientifique dans la société française.

Tentative de l'abbé de Molières pour concilier les deux systèmes

Les attaques de Maupertuis et Voltaire contre le système des tourbillons contraignent les cartésiens à réagir rapidement. En 1733, l'abbé de Molières⁶⁴ présente, à l'Académie royale des sciences, le mémoire intitulé *Lois astronomiques des vitesses des planètes dans leurs orbites, expliquées mécaniquement dans le système du plein* où il corrige le système des tourbillons afin de le mettre en accord avec les lois de Kepler (ce qui était, nous l'avons vu précédemment, l'un des graves défauts du système). De même, en 1734, Jean Bernoulli fait paraître un *Essai d'une nouvelle physique céleste* dans lequel il adapte aussi les tourbillons cartésiens. L'abbé de Molières publie, de 1735 à 1739, ses *Leçons de Physique* en quatre volumes. L'ouvrage scientifique est accessible à un large public tout comme l'étaient le *Discours sur les différentes figures des astres* et les *Lettres philosophiques*. Dans les «Remarques générales» de ses *Leçons de physique*, l'abbé de Molières explique sa méthode qui consiste: «A donner dans ses *Leçons* les *Eléments de la Physique*, comme Euclides a donné ceux de la *Géométrie*; de la même façon, en déduisant mes *Propositions* les unes des autres, selon les *Règles de la Méthode* dont les *Géomètres* se servent & par ce moyen de fixer pour toujours le nombre & la qualité des principes de la *Physique*»⁶⁵. Il donne son sentiment sur le but qu'il assigne à la physique: «Ramener autant qu'il est possible tous les effets à une même cause, & de les ranger, pour ainsi dire, selon l'ordre de leur génération». L'abbé de Molières veut rapprocher «les principaux Dogmes» de Descartes et de Newton en approfondissant, dit-il, «certains points dans lesquels ils se réunissent». De cette façon, il promet: «De voir naître du *Système du Plein* que Descartes a suivi, le *Vuide même de Newton* [...] De l'impulsion, cette attraction, ou

⁶⁴ Joseph Privat de Molières décide de s'installer à Paris pour rencontrer le père Malebranche dont les ouvrages l'avaient fortement marqué. Il côtoie quelque temps le savant qui «jouissait alors de la réputation la plus brillante; disciple zélé de Descartes, Commentateur original, Chef de secte lui-même par ses idées neuves & sublimes qu'il prêtoit à la Philosophie Cartésienne». (J.-J. Dortous de Mairan, «Eloge de l'abbé de Molières», *H.A.R.S de 1742, 1745*, p. 196.) Après le décès de Malebranche en 1715, l'abbé de Molières complète sa formation en mathématiques et soumet ses premiers textes à l'Académie royale des sciences de Paris. En 1721, il devient Adjoint-mécanicien puis enseigne la philosophie au collège Royal avant d'être promu Associé à l'Académie royale des sciences en 1729.

⁶⁵ J. Privat de Molières, *Leçons de physique*, 2^{ème} éd., «Remarques générales», 1745, t. 1, p. 11-23, pour cette citation et les suivantes.

Pesanteur, qui croît et décroît en raison inverse du quarré des distances». Bien que cartésien, l'abbé de Molières dit montrer beaucoup d'estime pour les travaux de Newton qui, avec l'attraction, *«a tiré tant de belles conséquences, fondées sur un calcul dont la sublimité ne retranche rien de l'évidence, & dont ce grand Homme est le premier inventeur»*. Cependant, l'abbé de Molières relève un point sur lequel les deux philosophes s'entendent puisqu'ils cherchent toujours à *«ramener tous les effets aux principes des Mécaniques»*. Par exemple, dit-il, Descartes envisageait l'univers comme *«un mécanisme perpétuel»* et, Newton, bien qu'il donne l'impression de ne pas suivre ce principe, a néanmoins déterminé, par ses calculs, certaines lois de la mécanique: *«De sorte qu'à le bien prendre, toute sa physique n'est qu'un mécanisme : mais un mécanisme interrompu»*. L'abbé de Molières veut ainsi parvenir à un mécanisme continu et commun aux deux systèmes de physique. Pour cela, il souhaite modifier l'explication des tourbillons de Descartes tels que Leibniz, Villemot ou encore le père Malebranche l'avaient déjà fait par le passé. De plus, bien que l'abbé de Molières s'attache avant tout à perfectionner le *«Système du Plein»*, il ne souhaite pas: *«Combattre le Sistème du Vuide, dont M. Newton a porté l'établissement au-delà de tout ce que ses prédécesseurs avoient pû faire»*. Le travail qu'il mène doit le conduire au *«rétablissement du Sistème du Plein, en répondant distinctement à toutes les difficultés qui semblent maintenant le détruire ; afin que ces Sistèmes allant de pair, ils puissent contribuer tous deux au progrès de la Phisique»*. Pour montrer que sa démarche scientifique peut être partagée jusque dans les rangs des newtoniens, l'abbé de Molières relève les propos que tient Clarke ⁶⁶, disciple de Newton, sur l'attraction à distance: *«Il est sans doute vrai que ce Phénomène n'est pas produit sans moyen, c'est-à-dire, sans une cause capable de produire un tel effet...Si donc M. de Leibnits, ou quelqu'autre Philosophe peut expliquer ce Phenomene par les loix du mouvement, bien loin d'être contredit, tous les Sçavans l'en remercieront»*. Clarke, poursuit l'abbé de Molières, donne les différentes étapes à suivre pour bien réussir en physique: *«On fait des observations & des expériences ; par ce moyen on découvre, on reconnoît, on saisit les effets de la nature. Le Géomètre suppute ensuite les forces requises à la production de ces effets, ce qui n'est pas un petit ouvrage. Le Phisiciens enfin, aidé de tous ces secours, tâche de découvrir ces Forces dans les loix des mécaniques»*. Mais, selon l'abbé de Molières, Newton n'est pas parvenu à établir une

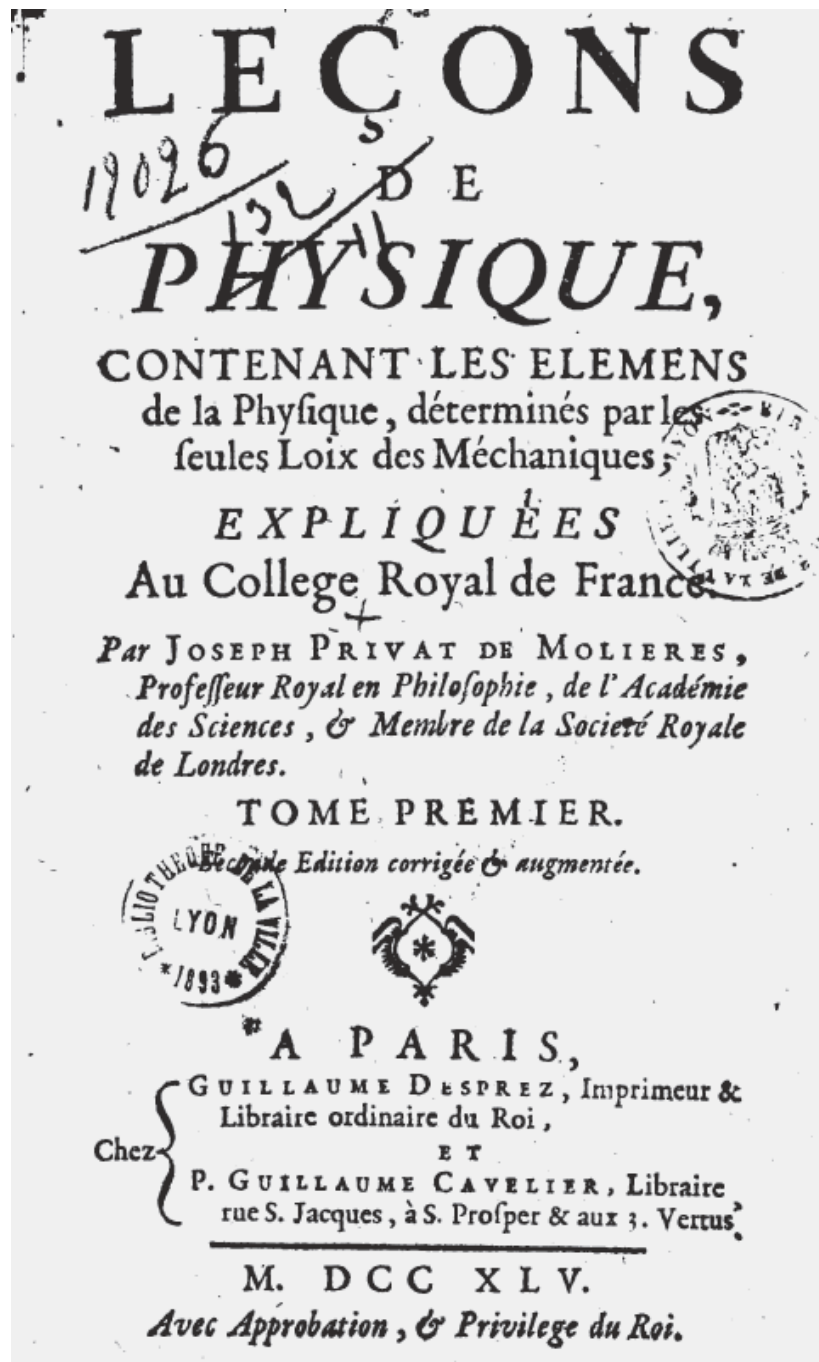
⁶⁶ Samuel Clarke traduit en latin le *Traité de physique* de Rohault ainsi que le *Traité d'optique* de Newton.

physique complète puisque: «*Quand il s'est agi de déduire ces forces des loix du mouvement dans la structure de l'Univers, il a refusé de s'y prêter, & ego hypothesim non fingo*⁶⁷». Cependant, l'abbé de Molières ne souhaite pourtant pas accabler Newton car «*on n'est pas obligé de tout entreprendre*». Il précise que Newton, le premier, «*a déterminé géométriquement les forces requises pour l'exécution de ces loix* [celles déterminées par Kepler]». Suivant les recommandations de Clarke, l'abbé de Molières veut «*découvrir le mécanisme capable de fournir ces forces à la Nature*» sans dépendre d'un quelconque système préétabli et «*en ne suivant à la rigueur que les simples loix du mouvement*». Revenant sur son expérience en matière d'enseignement des mathématiques, l'abbé de Molières veut progresser dans ses *Leçons de physique* en évitant le plus possible de s'engager dans des calculs difficiles. Ainsi, prenant l'exemple d'Euclide qui avait «*très-bien démontré ses Propositions sans le secours des Calculs différentiel & intégral*», l'abbé de Molières laisse le soin à d'autres «*d'étendre ces Elements selon toutes les méthodes nouvelles*». Son but se restreint à «*ôter les principaux obstacles qui empêchent de voir que la nature n'est précisément qu'un mécanisme perpétuel*». Dans la leçon qui concerne le phénomène de pesanteur, l'abbé de Molières se félicite d'être arrivé au but qu'il s'était fixé au départ: «*Le phénomène de la Pesanteur est donc expliqué mécaniquement. Le Mouvement centripede ne procede donc plus que de l'impulsion. Et le Principe d'Attraction, imaginé par M. Newton pour rendre raison des circonstances de ce mouvement n'est donc plus enfin recevable*»⁶⁸. Il se réjouit d'avoir intégré la théorie du vide de Newton dans celle du plein de Descartes de sorte que: «*Ce vuide ne sera précisément qu'un Vuide relatif, c'est-à-dire, qu'un corps pesant le traversera sans éprouver aucune résistance*»⁶⁹. Ainsi, il peut conclure: «*Nous profitons sans aucun inconvenient de tous les avantages du sistême du Vuide, sans rien perdre des avantages du sistême du Plein ; & nous réunissons par là deux idées qui avoient paru jusqu'à présent absolument incompatibles*».

⁶⁷ Sur cette expression, Robert Locqueneux précise: «*Quand, après avoir énoncé l'hypothèse de l'attraction universelle, Newton dit: Hypothesis non fingo, il entend que peu lui importe le mécanisme de l'attraction ; l'attraction est purement et simplement l'énoncé d'un fait*». R. Locqueneux, Henri Bouasse. *Réflexions sur les méthodes et l'histoire de la physique*, 2009, p. 115.

⁶⁸ J. Privat de Molières, *Leçons de physique*, seconde édition, 1745, t. 1, p. 314.

⁶⁹ *Ibid.*, p. 460-462, pour cette citation et la suivante.



Page titre des *Leçons de physique* de Privat de Molières.

La démarche scientifique de l'abbé de Molières qui améliore le système des tourbillons est très bien reçue par les cartésiens comme le montre le commentaire de Fontenelle sur le premier tome des *Leçons de physique* dans l'*Histoire de l'Académie*

Royale des sciences de 1734⁷⁰. Les *Leçons de physique* de l'abbé de Molières jouissent rapidement d'une grande renommée, principalement pour avoir perfectionné la théorie des tourbillons. Le *Journal de Trévoux* insiste aussi sur le fait que l'abbé de Molières arrive à intégrer les travaux newtoniens dans une conception cartésienne du monde: «Voilà donc le plein établi dans tous ses droits, avec son mouvement & son insensible resistance : de sorte qu'il nous procure deux avantages, le premier de nous conserver un système lié & incompatible avec le système du vuide, le second de nous permettre d'adopter sans inconvénient, toutes les recherches & les découvertes que le système du vuide a procurées»⁷¹.

⁷⁰ Fontenelle résume certaines parties de l'ouvrage, essentiellement celles qui concernent les tourbillons de Descartes que l'abbé de Molières modifie en reprenant les travaux du père Malebranche. Ainsi, les grands tourbillons en mouvement autour du soleil ne seraient pas constitués de «globules élémentaires durs», comme le pensait Descartes, mais de tourbillons de différents ordres et «tout l'univers ne sera donc que de la matière divisée & subdivisée en Tourbillons presque à l'infini». (Fontenelle, *H.A.R.S de 1734, 1736*, pp. 98-103, pour cette citation et les suivantes.) Dans ce système, chaque petit tourbillon aurait deux mouvements, l'un provenant de son entraînement dans la couche du tourbillon, l'autre issu des autres petits tourbillons environnant. Comme le tourbillon est en équilibre: «La vitesse de la superficie de chaque petit Tourbillon est la même que celle de son centre». L'abbé de Molières en conclut que la force centrifuge d'un petit tourbillon est deux fois plus importante qu'avec un globule dur. De plus, une couche de petits tourbillons peut communiquer son mouvement aux couches inférieures alors que cela n'était pas possible avec les globules durs. Dans un même tourbillon, les plus petits tourbillons sont plus proches du centre commun que les plus gros. La forme elliptique du système solaire peut s'expliquer par l'élasticité des petits tourbillons. Enfin, la pesanteur tire son explication du fait qu'un volume de petits tourbillons possède deux fois plus de force centrifuge qu'un même volume de corps solide et dur: «Le corps dur, qui n'est point formé de petits Tourbillons, ne pourroit prendre que la 1^{re} Force Centrifuge, & faute de prendre la 2^{de}, il auroit moins tendance vers la circonférence du Tourbillon qu'un volume égal de sa Couche, & par conséquent seroit poussé vers le centre, & y tomberoit actuellement». Cependant, cette explication de la pesanteur des corps engendre alors de nouvelles interrogations: «Qui les retient toujours à une certaine distance de ce centre vers lequel ils sont toujours poussés ? Pourquoi Saturne, Jupiter, &c. ne tombent-ils pas dans le Soleil». Fontenelle termine ce commentaire du premier tome des *Leçons de physique* en se montrant séduit par cette nouvelle explication de la pesanteur où, dit-il, «rien n'agit que par des causes, dont l'existence nous est bien constante, & l'idée bien familière».

⁷¹ *Mémoires de Trévoux*, 1734, p. 521.

L'abbé Nollet et l'engouement pour la physique expérimentale

Malgré l'amélioration apportée à la théorie des tourbillons par l'abbé de Molières et sa tentative d'incorporation des résultats newtoniens dans une conception cartésienne du monde, la propagation de la philosophie naturelle de Newton, en France, se poursuit avec les publications d'autres ouvrages sur le sujet ⁷². En outre, en 1741, la théorie des petits tourbillons de l'abbé de Molières est vivement critiquée par Pierre Sigorgne, professeur de philosophie du collège du Plessis, dans son *Examen et réfutation des Leçons de physique* où remarque-t-il à propos de l'ouvrage en question: «*Parmi les bonnes choses qui se trouvent dans son Livre, il s'en rencontre d'autres qui ne sont pas à beaucoup près de la même force, & je ferois fort tenté de croire qu'il n'y a pas ici de sa faute, qu'il y a au contraire employé tous ses soins ; mais que c'est uniquement aux tourbillons eux-mêmes qu'il faut s'en prendre*» ⁷³. Dans son ouvrage, Sigorgne démontre que certaines propositions de l'abbé de Molières sont fausses et que, par conséquent, le système des petits tourbillons n'est pas viable. Cependant, Sigorgne se voit, à son tour, attaqué dans un texte anonyme ⁷⁴ où l'on explique: «*L'examen des Leçons n'est précisément qu'un ramas d'objections...Son Auteur n'y établit aucun principe...Au contraire il les renverse tous; de sorte que si l'on suit ses idées, il n'y aura plus de physique*» ⁷⁵. Pour se défendre, Sigorgne publie un autre texte dans lequel il réaffirme que «*l'ouvrage des Leçons de Physique est un Chef-d'œuvre d'imagination*» et «*un tissu de*

⁷² Le *Newtonianisme pour les Dames* d'Algarotti traduit en français en 1738, les *Eléments de la philosophie de Neuton* (1738) où Voltaire donne un résumé très accessible de la physique newtonienne et les *Institutions newtoniennes* (1747) de Sigorgne. Remarquons que ces trois ouvrages ne sont pas à mettre sur le même plan. Le premier s'adresse à un public «féminin» qui n'a, à priori, aucune connaissance scientifique ; le second demande au lecteur de faire des efforts qui ne sont pas d'ordre mathématique ; le dernier est au contraire très mathématisé. Notons enfin que les années 1740 verront quelques tentatives pour introduire la philosophie de Leibniz en France avec les *Institutions de physique* de Mme du Châtelet (1740) et *La belle Wolfienne* (1741) attribuée à Formey. En outre, les critiques de Voltaire apporteront aussi de l'intérêt pour cette autre philosophie.

⁷³ P. Sigorgne, *Examen et réfutation des Leçons de physique*, «Avertissement», 1741, pp. 2-3.

⁷⁴ Cette réponse provient de Le Corgne de Launay, proche élève de l'abbé de Molières.

⁷⁵ Anonume (J. B. Le Corgne de Launay), *Réponse aux principales objections contenues dans l'examen des Leçons de physique de l'abbé de Molières*, 1741, p. 4.

contradictions & de de faussetés»⁷⁶. Quelques mois seulement après cette vive querelle, l'abbé de Molières meurt et les physiciens cartésiens français se voient alors privés de l'un de leurs chefs de file. De plus, les deux expéditions scientifiques menées à cette époque pour déterminer la figure de la Terre dont l'une est dirigée par Maupertuis⁷⁷ en personne donnent des résultats qui vont dans les sens de la théorie de Newton qui avait prédit par le calcul que la Terre était aplatie aux pôles.

Au temps des polémiques liées à l'introduction de la physique de Newton en France, l'abbé Nollet⁷⁸ décide de développer des cours de physique expérimentale à l'image de ceux qu'il découvre au cours de ses voyages en Angleterre et en Hollande⁷⁹. Il

⁷⁶ P. Sigorgne, *Réplique à M. de Molières, ou Démonstration physico-mathématique, de l'impossibilité et de l'insuffisance des tourbillons*, «Avis», 1741, p. 1.

⁷⁷ Dans l'article sur Maupertuis du *Dictionnaire de physique*, Paulian précise: «Nous devons en grande partie à ce savant la détermination exacte de la figure de la terre. Son voyage au Nord sera regardé par les siècles à venir comme une des époques les plus avantageuses à la Physique, & son Mémoire sur la mesure du degré du méridien sera toujours apporté en preuve de l'exactitude avec laquelle il a procédé dans une opération aussi délicate & aussi difficile». (A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 2^{ème} éd., 1773, t. 3, p. 61.) Ajoutons que les résultats apportés par l'expédition de Maupertuis en Laponie et par la seconde menée au Pérou n'ont pas réellement permis de donner une réponse indiscutable sur la forme de la Terre. Pour en savoir davantage sur ce sujet, lire le texte : «La question de la figure de la Terre. L'agonie d'un débat scientifique au XVIIIe siècle» où l'on explique: «Du point de vue expérimental, le sujet de la figure de la Terre était épuisé, mais la polémique qui subsistait était due à l'obstination de quelques-uns et à la discussion de questions ponctuelles par d'autres». A. Lafuente et J. L. Peset, «La question de la figure de la Terre. L'agonie d'un débat scientifique au XVIIIe siècle», *Revue d'histoire des sciences*, 1984, t. 37, n° 3-4, pp. 254.

⁷⁸ A ses débuts, Jean-Antoine Nollet travaille auprès du physicien Du Fay pour l'aider dans ses recherches sur l'électricité. Ce dernier montre qu'il existe deux sortes d'électricité que l'on obtient par frottement de matériaux bien déterminés. Il nomme la première, électricité «vitrée», et la seconde, électricité «résineuse». L'électrisation peut produire du feu et les deux hommes s'ingénient à mettre en scène cette découverte qui rencontre beaucoup de succès dans les salons. Ainsi, monté sur un tabouret isolant, Du Fay se sert d'une épée pour enflammer une coupe remplie d'alcool que lui tend l'abbé Nollet. E. Satori, *Histoire des grands scientifiques français*, 1999, p. 123.

⁷⁹ En 1732, Du Fay se voit confier l'intendance du jardin du Roi. Ce jardin étant en très mauvais état, le nouvel intendant se rend en Angleterre et en Hollande dans le but d'améliorer les collections du jardin. Il emmène avec lui Nollet qui souhaite monter des cours de physique expérimentale à Paris. Dans l'introduction du *Programme ou idée sur la physique expérimentale*, Nollet remercie son premier maître:

rencontre, entre autres, les deux grands spécialistes de ce genre de cours en Europe que sont Desaguliers et Musschenbroek⁸⁰. En 1738, l'abbé Nollet publie son *Programme ou idée générale sur la physique expérimentale* qui annonce la parution prochaine d'un ouvrage de physique expérimentale⁸¹. Dans la préface, il revient sur le succès de nombreux ouvrages de physique expérimentale et relate le grand intérêt que le public porte en la matière: «S'il était besoin d'appeler à l'expérience pour prouver que l'esprit de l'Homme naît avec le désir de connaître la nature...; il suffirait de représenter le prodigieux débit qu'on a fait des Livres qui ont traité des effets naturels. Sans parler des *Expériences de M. Polinière, des Entretiens de Physique*⁸², tant de fois réimprimées, nous avons un exemple plus récent et encore plus sensible dans l'Ouvrage qui a pour titre, le spectacle de la Nature⁸³»⁸⁴. Le programme se veut être un guide pour ceux qui veulent assister à ses leçons: «On y indique en détail les matières que l'on traite dans chaque Leçon, les opérations qui servent de preuves, les phénomènes qu'elles expliquent, les applications qu'on en fait ou qu'on en peut faire. J'ai tâché d'arranger les choses de façon que les connoissances les plus aisées à saisir, ou qui doivent servir de base à d'autres, se présentassent les premières». Nollet explique encore ce qui le motive à

«C'est principalement à sa bienveillance que je dois les deux voyages que la Cour m'a fait faire en Angleterre et en Hollande, pour m'y pratiquer des correspondances, et pour prendre une connaissance plus exacte et plus certaine de la méthode, des procédés, et des instruments nécessaires à mes vues. Je dois convenir ici que les entretiens que j'ai eus avec Messieurs Desaguliers, 's Gravesande, et Musschenbroek m'ont beaucoup aidé. Ces conversations familières m'ont valu des éclaircissements qu'on ne trouve point, et que l'on ne doit pas s'attendre à rencontrer dans les livres». J.-A. Nollet, *Programme ou idées sur la physique expérimentale*, «Préface», 1738, pp. 16-17.

⁸⁰ En 1732, Nollet rencontre Desaguliers à Londres. Il bénéficie alors de renseignements indispensables à la réalisation d'un cours de physique expérimentale. En 1734, il se rend en Hollande où les instruments de physique sont très variés et y rencontre les frères Musschenbroek avec lesquels il établira une correspondance.

⁸¹ Le premier volume des *Leçons de physique expérimentale* est publié en 1743. L'ouvrage comporte six tomes dont le dernier est publié en 1748. Avec de nombreuses rééditions, les *Leçons de physique expérimentale* deviendront une référence en la matière pendant plusieurs décennies.

⁸² N. Regnault, *Les entretiens de physique d'Ariste et d'Eudoxe, ou physique nouvelle en dialogues*, 3 vol. , C.L. Thiboust, Paris, 1729.

⁸³ N.-A. Pluche, *Le spectacle de la nature*, 8 tomes en 9 vol., Vve Estienne, Paris, 1732-1750.

⁸⁴ J.-A. Nollet, *Programme ou idée générale d'un cours de physique expérimentale*, «Préface», 1738, pp. 4-38, pour cette citation et les suivantes.

donner des cours de physique expérimentale: *«Il serait à souhaiter que cette science devenue plus certaine et conséquemment plus intéressante, étendît ses progrès jusque dans les familles, et qu'étant aussi capable d'orner l'esprit et de remplir ses moments de loisir avec agrément et utilité, elle devint un bien dont la possession fût commune à tout le monde ; pour rendre ce service à la société que pourrait-on faire de mieux que de transmettre aux Amateurs les connaissances Physiques par la même voie que les savants ont employée pour les acquérir»*. D'autant plus que, face à la physique des «grands systèmes», la physique expérimentale *«satisfait l'esprit, en ne lui présentant que des connaissances dont-on sent la vérité »*. Ainsi, pour initier l'amateur à la physique, rien n'est mieux que le recours aux expériences car, dit-il: *«On ne croit plus que ce que l'on voit, et la raison ne se prononce que sur le rapport et le témoignage de l'expérience»*. Nollet dénonce le peu de loisir que les hommes font de ce genre d'étude: *«L'usage où l'on a été jusqu'ici en France, de laisser les jeunes gens dans l'ignorance des premiers éléments de la physique pendant les quinze ou seize premières années de leur âge ; le peu de loisir que leur laissent ensuite leurs passions et les embarras du monde, nous explique naturellement pourquoi l'on rencontre nombre de personnes bien nées, à qui la nature et la fortune ont permis une éducation complète, livrées cependant à toutes les erreurs populaires, préoccupées des craintes les plus ridicules, susceptibles de tout le faux merveilleux et de toutes les charlataneries dont on voudra se servir pour les tromper»*. Il destine en outre ses *Leçons* aux jeunes gens car, dit-il : *«C'est la réflexion d'un savant bien respecté, et bien digne de l'être, qu'il est toujours utile de penser juste, même sur des sujets inutiles»*⁸⁵. De plus, il est bien regrettable qu'un homme ignore les lois simples de la nature puisque leur connaissance est *«un moyen certain pour lui faire connaître la Sagesse suprême qui les a établie»*. Nollet s'interroge alors: *«L'esprit humain ne se refuse-t-il pas l'occupation la plus digne de lui quand il néglige d'étudier la nature ? »* Il ajoute encore: *« Ces merveilles que nous avons sous les yeux parlent au cœur autant qu'à l'esprit ; en éclairant l'un, il est naturel qu'elles touchent l'autre, ce que nous en apprenons en nous rendant moins ignorant que le vulgaire, peut aussi faire naître en nous des sentiments plus vifs, et nous rendre plus fidèles à nos devoirs»*. Ainsi, bien plus que la connaissance des premiers éléments de physique, il est plus largement question d'acquérir

⁸⁵ J.-A. Nollet, *Leçons de physique expérimentale*, «Préface», 1743, t. 1, pp. 34-42, pour cette citation et les suivantes.

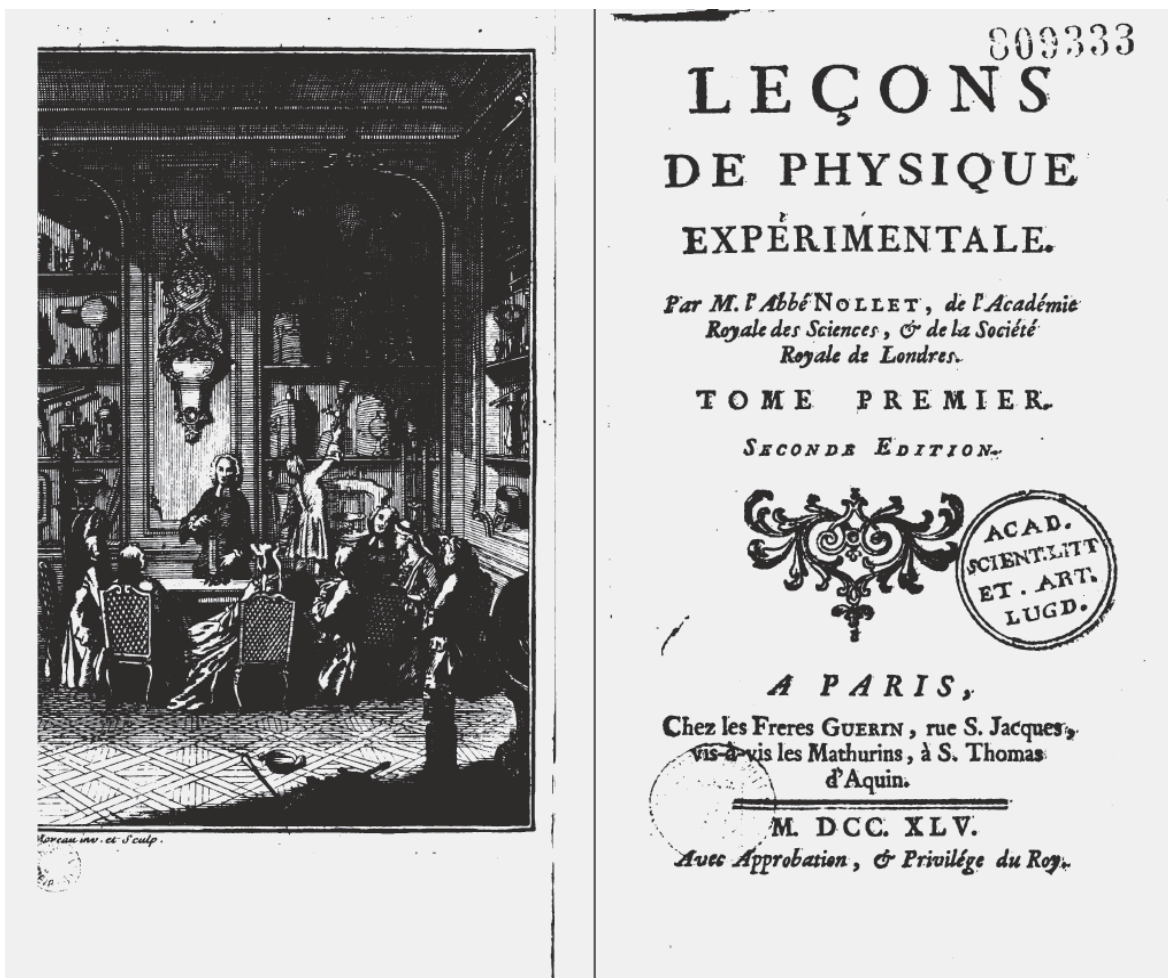
les savoirs et bonnes mœurs qui caractérisent l'«honnête homme» auquel les cours que propose l'abbé Nollet s'accordent pour le mieux. Quelques années plus tard, Nollet publie ses *Leçons de physique expérimentale* dont le premier volume sort en 1743. Dans la préface, il rappelle les idées admises pendant longtemps souvent issues de la pensée des savants grecs: «*Pendant près de vingt siècles, cette science n'a été presque autre chose, qu'un vain assemblage de systèmes appuyés les uns sur les autres, et assez souvent opposés entre eux. Chaque philosophe se croyant en droit d'élever un pareil édifice à sa mémoire, s'est efforcé de l'établir sur les ruines de ceux qui l'avaient précédé ; de temps en temps l'on a vu qu'une vraisemblance en effaçait cent autres*»⁸⁶. Pour lui, le renouveau de la physique est lié à l'émergence d'une nouvelle façon de la traiter, incarnée par Descartes⁸⁷, dont les effets permirent une approbation plus certaine de ses principes: «*La physique si mal cultivée jusqu'alors, et si peu connue, parut au grand jour, et se fit goûter lorsqu'elle offrit des découvertes utiles, des vérités évidentes, lorsqu'elle put se faire honneur d'être entendue de tout le monde. Descartes son premier réformateur, après l'avoir tirée de l'obscurité des écoles, où elle avait vieilli sous l'autorité d'Aristote, ne lui laissa, pour ainsi dire que le nom qu'elle avait coutume de porter, et la rendit telle que les Ecoles réformées elles-mêmes peu à peu, ont adopté depuis ce qu'elle a reçu de nouveau, et l'enseignent présentement en termes intelligibles*». Nollet explique que les changements sont principalement à mettre à l'actif de l'observation et de l'expérience qui se portent dorénavant au cœur de toute étude de la nature: «*Au lieu de la deviner, comme on prétendait l'avoir fait jusqu'alors, en lui prêtant autant d'intentions et de vertus particulières, qu'il se présentait de phénomènes à expliquer ; on prit le parti de l'interroger par l'expérience, d'étudier son secret par des observations assidues et bien méditées, et l'on se fit une loi d'admettre au rang des connaissances, ce qui paraîtrait évidemment vrai*». En n'ayant recourt qu'aux seules expériences pour connaître et comprendre la nature, Nollet propose ses *Leçons de physique expérimentale* détachées de toute philosophie: «*Ce n'est ni la Physique de Descartes, ni celle de Newton, ni celle de Leibniz, que je me suis prescrit de suivre particulièrement ; c'est, sans aucune préférence personnelle, et sans distinction de nom, celle qu'un accord général et des faits bien constatés me paraissent avoir bien établie... Pour me renfermer plus exactement dans les*

⁸⁶ *Ibid.*, pp. 6-22, pour cette citation et les suivantes.

⁸⁷ Ici, Nollet met en évidence l'importance que Descartes donnait à l'expérience dans sa physique.

bornes de mon Titre, je me suis dispensé de rapporter les différents systèmes qui ont été proposés sur le mécanisme de l'Univers, et qui ont partagé les Philosophes tant anciens que modernes». Il propose de prolonger l'étude de ses leçons en y ajoutant les lectures d'ouvrages de référence en physique: « Toutefois, on ne peut guère se refuser la connaissance de ceux qui ont eu le plus de crédit, et je rapporterais volontiers ici ce qu'ont pensé Descartes et Newton à cet égard». Pour finir, Nollet nous explique que ses Leçons sont détachées de toutes considérations métaphysiques pour, dit-il, «ne point passer au-delà d'une Physique sensible et appuyée sur des faits». Comme les cours qu'il donne depuis déjà neuf ans, Nollet destine ses Leçons aux personnes qui ne connaissent pas les mathématiques, hors les quatre opérations⁸⁸: «Je suppose toujours que le plus grand nombre n'est pas en état d'entendre les expressions d'Algèbre ou de Géométrie, et certains détails qui s'écartent trop des premiers principes».

⁸⁸ Notons que, dans l'éloge de l'abbé Nollet qu'il écrit en 1770, Grand Jean de Fouchy vante «l'adresse avec laquelle M. l'Abbé Nollet, a su substituer en plusieurs endroits, des preuves d'expériences, aux démonstrations mathématiques qu'il ne fait qu'indiquer». (J.-P. Grand Jean de Fouchy, «Eloge de l'abbé Nollet», *H.A.R.S de 1770, 1773*, p. 127.) Ajoutons que Nollet a dû utiliser divers instruments que l'on trouvait rarement dans les collèges, peu d'ouvriers étant spécialisés dans leur fabrication. N'ayant pas assez d'argent pour en faire venir des pays étrangers, il explique: «J'ai pris moi-même la lime et le ciseau, j'ai formé et conduit des ouvriers pour m'aider, j'ai intéressé la curiosité de plusieurs Seigneurs qui ont placés de mes Ouvrages dans leurs Cabinets ; j'ai levé une espèce de contribution volontaire ; en un mot, je ne dissimule pas, j'ai fait deux ou trois instruments d'une même espèce afin qu'il pût en rester un». (J.-A. Nollet, *Programme ou idée générale d'un cours de physique expérimentale*, «Préface», 1738, pp. 18-19.) Enfin, par la suite, Nollet deviendra une référence pour de riches amateurs souhaitant installer un cabinet de physique chez eux et pour des académies de province qui développent la recherche en physique expérimentale. En formant de nombreux ouvriers pour répondre à la demande, il développe le commerce d'instruments scientifiques en France.



Fontiscipe et page titre des *Leçons de physique expérimentale* de l'abbé Nollet.

Au cours des années 1740, Nollet, avec sa physique expérimentale, acquiert une position influente dans le milieu scientifique. Il s'impose alors comme le chef de file d'une physique «à la française», au sein des institutions⁸⁹ mais aussi, grâce à la notoriété que lui procurent l'immense succès de son cours et des *Leçons* qui en sont tirées, dans les

⁸⁹ Grand Jean de Fouchy nous raconte la rapide ascension de l'abbé Nollet: «Toutes les démarches qu'avait faites jusqu'alors M. l'Abbé Nollet, l'approchaient de l'Académie ; il y était connu et désiré. Le passage de M. de Buffon à une place d'Ajoint-Botaniste, fit vaquer en 1739, une place d'Adjoint-Mécanicien, et M. l'Abbé Nollet l'obtient le 19 avril de la même année, et trois ans après celle d'Associé, vacante par la mort de M. l'Abbé de Molières. La réputation qu'il s'était faite n'était pas demeurée renfermée dans la capitale, elle avait percé jusque dans les cours étrangères ; à peine fut-il admis à l'Académie, qu'il fut appelé à la cours de Turin par le Roi de Sardaigne, pour faire un cours de physique expérimentale». J.-P. Grand Jean de Fouchy, «Eloge de l'abbé Nollet», *H.A.R.S de 1770, 1773*, p. 123.

milieux mondains influents⁹⁰. Le 16 mai 1753, l'abbé Nollet prononce un discours pour l'ouverture, au collège de Navarre, d'une première chaire de physique expérimentale voulue par le Roi. Enfin, l'œuvre de l'abbé Nollet a permis d'élargir en France le cercle des lecteurs d'ouvrages de physique dont l'«honnête homme» se doit de connaître les bases.

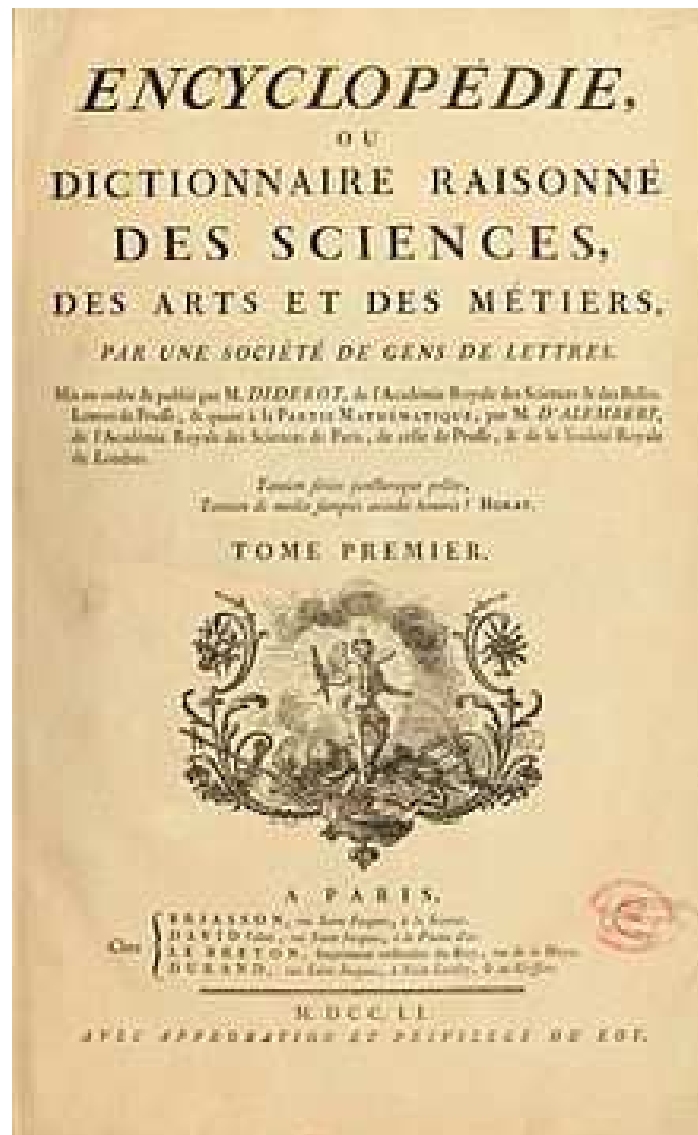
«Discours préliminaire» de l'Encyclopédie de d'Alembert

L'implantation des théories newtoniennes dans le paysage scientifique français amènent à reconsidérer l'état de la science au milieu du 18^{ème} siècle. Dans le *Discours préliminaire de l'Encyclopédie*, publié en 1751, d'Alembert présente les grands hommes qui ont contribué à faire avancer les sciences. Pour lui, Descartes se présente comme un géomètre et un philosophe ; son travail dans le domaine des mathématiques est le plus reconnu. D'Alembert cite en particulier «sa *Méthode des indéterminées...L'application qu'il a su faire de l'algèbre à la géométrie*» dont l'utilité s'avère très prometteuse en recherche «dans toutes les sciences physico-mathématiques»⁹¹. Abordant maintenant l'aspect philosophique, d'Alembert estime qu'«il a peut-être été aussi grand, mais il n'a pas été si heureux». Cependant, il remarque qu'à l'époque de Descartes: «La philosophie se trouvait dans un état bien différent : tout y était à commencer». Il ajoute: «Si Descartes, qui nous a ouvert la route, n'y a pas été aussi loin que ses sectateurs le croient, il s'en faut beaucoup que les sciences lui doivent aussi peu que le prétendent ses adversaires». Parmi ses travaux en philosophie naturelle, continue d'Alembert, l'on peut distinguer sa *Dioptrique* qui «est la plus grande et la plus belle application qu'on eût faite encore de la géométrie à la physique». Il aborde maintenant les tourbillons de Descartes qui, nous l'avons vu, ont fait l'objet d'une vive opposition entre les cartésiens et les newtoniens: «Si on juge sans partialité ces tourbillons devenus aujourd'hui presque ridicules, on conviendra, j'ose le dire, qu'on ne pouvait alors imaginer rien de mieux».

⁹⁰ Madame du Châtelet, dans une lettre qu'elle adresse à son ami Algarotti en 1736, apporte un témoignage sur l'engouement que suscitent les cours de l'abbé Nollet: «On ne voit à sa porte, que des carrosses de duchesses, de pairs et de jolies femmes...Voilà donc la bonne philosophie qui va faire fortune à Paris, Dieu veuille que cela dure». *Les Lettres de la marquise du Châtelet*, T. Besterman, 1958, t. 1, «Lettre 63», p. 112.

⁹¹ D'Alembert, *Discours préliminaire de l'Encyclopédie* (1751), 1866, p. 94-109, pour cette citation et les suivantes.

Aussi il tempère les choses pour ne pas accabler Descartes qui a créé des tourbillons à une époque où: *«Les observations astronomiques qui ont servi à les détruire étaient encore imparfaites ou peu constatées : rien n'était plus naturel que de supposer un fluide qui transportât les planètes»*. Il reconnaît qu'en voulant rendre compte de la gravitation des corps uniquement grâce à la force centrifuge, on obtenait: *«[Une] explication de la pesanteur [qui] est une des plus belles et des plus ingénieuses hypothèses que la philosophie ait jamais imaginées»*. Enfin, sur la physique de Descartes d'une façon générale, d'Alembert conclut: *«Reconnaissons donc que Descartes, forcé de créer une physique toute nouvelle, n'a pu la créer meilleure ; qu'il a fallu, pour ainsi dire, passer des tourbillons pour arriver au vrai système du monde, et que, s'il s'est trompé sur les lois du mouvement, il a du moins deviné le premier qu'il devait y en avoir»*. Il rappelle que les œuvres de Descartes ont été, un temps, rejetées: *«Ce n'a été qu'avec beaucoup de peine que les écoles ont enfin osé admettre une physique qu'elles s'imaginaient contraire à celle de Moïse»*. Il précise encore que les thèses de Newton, quant à elles, ont été rapidement acceptées en Angleterre. S'agissant des travaux newtoniens, il remarque: *«Non-seulement ils étaient inconnus en France, mais la philosophie scolastique y dominait encore, lorsque Newton avait déjà renversé la physique cartésienne ; et les tourbillons étaient détruits avant que nous songeassions à les adopter»*. En outre, d'Alembert rend hommage à Maupertuis pour avoir été *«le premier qui ait osé parmi nous se déclarer ouvertement newtonien»* suivi, ajoute-t-il, par de *«jeunes géomètres, tant de France que des pays étrangers, qui ont réglé le sort des deux philosophies...L'ancienne est tellement proscrite, que ses plus zélés partisans n'osent plus même nommer ces tourbillons dont ils remplissaient autrefois leurs ouvrages»*.



Page titre de l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert.

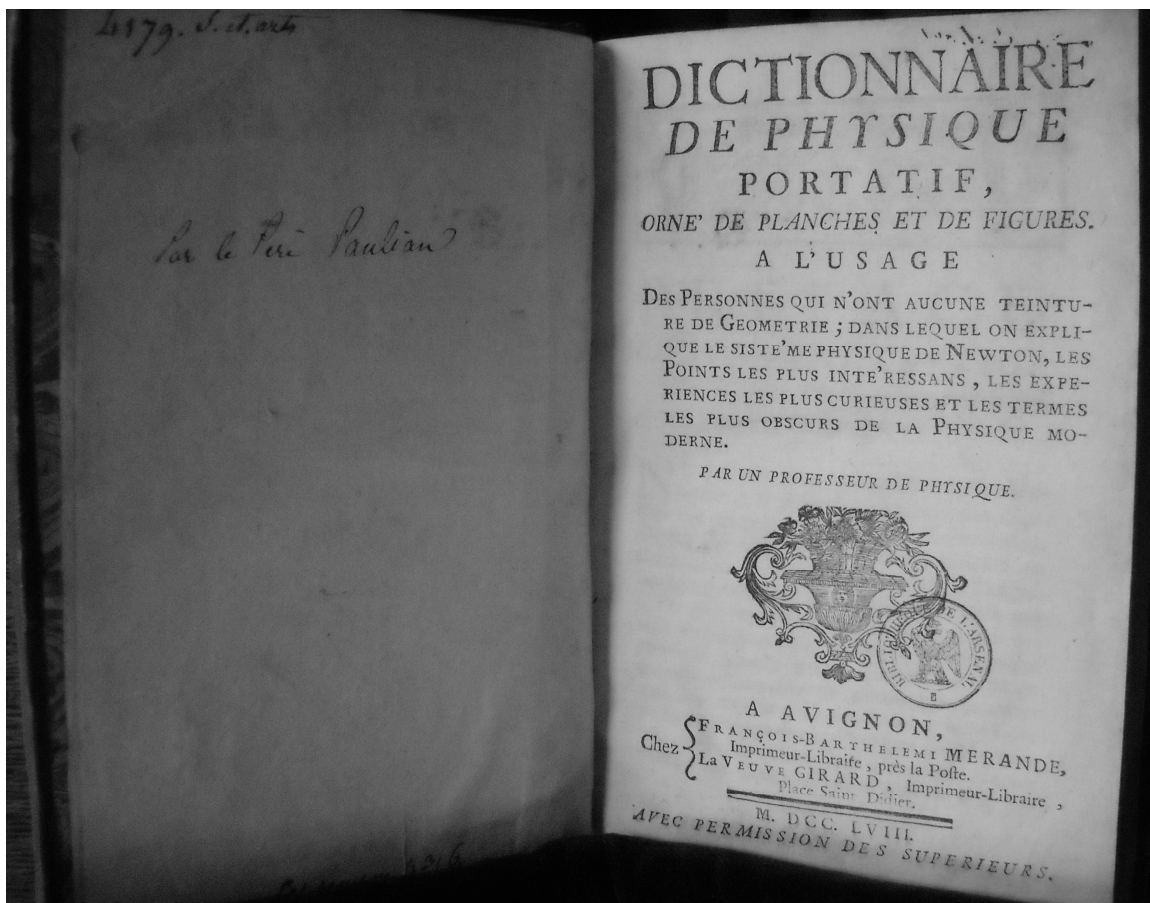
Le contenu du *Discours préliminaire de l'Encyclopédie* montre bien l'évolution de la pensée scientifique en France. La physique newtonienne est mise à l'honneur après avoir été ardemment combattue. En 1756, sort la première traduction française des

Principes mathématiques de la philosophie naturelle de Newton. La préface historique de l'ouvrage, traduit par la Marquise du Châtelet, est écrite par Voltaire. Ce dernier explique que le contenu de l'ouvrage de Newton ne contient que des faits avérés et que, par ailleurs: «*Tout ce qui est donné ici pour principe, est en effet digne de ce nom, ce sont les premiers ressorts de la nature, inconnus avant lui : & il n'est plus permis de prétendre à être Physicien sans les connoître. Il faut donc bien garder d'envisager ce Livre comme un système, c'est-à-dire comme un amas de probabilités qui peuvent servir à expliquer bien ou mal quelques effets de la Nature*»⁹². Voltaire précise encore : «*En Angleterre ceux qui ont appris le calcul infinitésimal, qui ont fait les expériences de la lumière, qui ont appris les loix de la gravitation, ne sont point appelés Newtoniens : c'est le privilège de l'erreur de donner son nom à une secte*». Revenant sur les difficultés rencontrées pour faire accepter la physique de Newton en France, Voltaire remarque: «*Si on appelle encore en France Newtoniens les Philosophes qui ont joint leurs connaissances à celles dont Newton a gratifié le genre humain, ce n'est que par un reste d'ignorance & de préjugé*». Cependant, dit-il, les choses ont bien changé depuis: «*Il fallu, pour établir en France toutes les sublimes vérités que nous devons à Newton, laisser la génération de ceux qui [ont] vieilli dans les erreurs de Descartes*».

Une vingtaine d'années auront donc été nécessaires depuis la publication des *Lettres philosophiques* pour que la physique newtonienne supplante celle de Descartes en France. L'on peut constater cela avec un ouvrage à portée généraliste qui sort en 1758. Le titre complet du dictionnaire⁹³, écrit par un auteur voulant garder l'anonymat et venant d'Avignon, est sans ambiguïté sur la physique qui y est admise: *Dictionnaire de physique portatif, orné de planches et de figures, à l'usage des personnes qui n'ont aucune teinture de géométrie ; dans lequel on explique le système physique de Newton, les points les plus intéressants, les expériences les plus curieuses et les termes les plus obscurs de la physique moderne*.

⁹² I. Newton, *Les principes mathématiques de la philosophie naturelle* (trad. de Madame du Châtelet), «Préface historique» (écrite par Voltaire), 1756, t. 1, pp. 7-8, pour cette citation et les suivantes.

⁹³ Un professeur de physique, *Dictionnaire de physique portatif*, 1758.



Page titre du *Dictionnaire de physique portatif* de 1758

Deux critiques du *Dictionnaire de physique portatif* provenant de l'*Année Littéraire* et des *Mémoires de Trévoux* accueillent très favorablement l'ouvrage montrant qu'il est conforme au nouvel esprit qui domine la physique en France⁹⁴. Dans l'article des *Mémoires de Trévoux*, l'auteur profite de l'occasion pour dresser le portrait de la physique française à cette époque: «Prenez ou laissez, le Livre n'en sera pas moins utile. Si vous êtes Newtonien, vous serez très content de voir le système de Newton à toutes les pages & de plus expliqué fort clairement, sauf toujours la docilité qu'il faut avoir sur les principes. Si vous êtes Anti-Newtonien, vous trouverez par-tout matière à dispute, & quantité de

⁹⁴ Dans l'*Année Littéraire*, l'auteur de l'article sur le *Dictionnaire de physique portatif* signale: «Ce n'est point ici, Monsieur, une de ces compilations informes, un de ces bizarres composés de Pièces rapportées sans ordre, sans choix & sans gout, un de ces Dictionnaire enfin qui germent tous les jours dans les marais de la littérature ; c'est un Cours de Physique sous la forme de Dictionnaire, un Système de matières bien lié & assorti à la Physique regnante de Newton». *L'Année Littéraire*, 1759, t. 3, p. 93

choses qui vous confirmeront dans votre mauvaise humeur. Ce n'est pas au fond qu'il faille avoir de la mauvaise humeur contre personne ; mais ici ce n'est qu'une affaire de système : il est fort permis de croire, par exemple, que Descartes n'a pas dit un mot de vérité dans la construction de son système du monde, & que c'étoit néanmoins un fort galant homme, un très-bon esprit, un excellent Métaphysicien, une tête faite pour chercher le vrai, & un Philosophe d'immortelle mémoire. De même on peut penser que Newton étoit un très-grand Géomètre, & même un bon Logicien, quoique ses principes soient forts sujets à contestation»⁹⁵. L'auteur de l'article ajoute à propos de l'ouvrage examiné: «Le Dictionnaire que nous annonçons est excellent pour tout le monde. D'abord il procède par une Préface où tous les principes Newtoniens sont fort bien expliqués en neuf articles qu'on appelle des Vérités. Ensuite les détails du Livre sont, comme il convient à un Livre élémentaire, bien présentés, bien dégagés de toute discussion trop sçavante, bien fondés sur ce qu'on a dit de mieux en faveur de la Physique Moderne».

⁹⁵ *Mémoires de Trévoux*, 1759, pp. 1856-1857.

Première partie :
LA PHYSIQUE DE PAULIAN

Chapitre 1 : Présentations du *Dictionnaire de physique portatif*, du *Dictionnaire de physique* et du *Traité de paix entre Descartes et Newton*

Dans la seconde moitié du 18^{ème} siècle, la diffusion de la physique de Newton s'étend en France. Dans cette optique, un professeur de physique, se disant converti au newtonianisme, publie un *Dictionnaire de physique portatif* en 1758. Une deuxième édition de l'ouvrage paraît deux ans plus tard où l'on apprend que l'auteur s'appelle Aimé-Henri Paulian, prêtre de la Compagnie de Jésus et professeur de physique au collège¹ d'Avignon². Nous trouvons une biographie complète de Paulian dans la *Bibliothèque des écrivains de la Compagnie de Jésus*, ouvrage écrit au 19^{ème} siècle par Augustin de Baker: «*Petits-fils d'un ministre protestant converti sous Louis XIV, naquit à Nîmes le 23 juillet 1722, entre dans la Compagnie le 7 septembre 1739 et se livra principalement à l'étude de la physique qu'il enseigna avec succès à Avignon. Dans ses dernières années Paulian faisait sa principale affaire de ses devoirs religieux, supportant ses traverses avec courage. Cet homme laborieux et estimable mourut octogénaire vers 1802, dans le village de Manduel, près de Nîmes, où il s'était retiré. Après la suppression*

¹ A partir du 17^{ème} siècle et jusqu'à leur suppression en 1762, les jésuites professent les sciences dans leurs collèges. La physique est enseignée dans le cycle de philosophie où l'on étudie aussi la logique, la métaphysique et l'éthique. Ce cycle intervient après celui consacré à la rhétorique. Progressivement, au cours du 18^{ème} siècle, l'aspect métaphysique des cours disparaît au profit d'une physique plus mathématisée. Lire sur ce sujet le texte de François de Dainville intitulé «*L'enseignement scientifique dans les collèges des jésuites*» dans: R. Taton (dir. de publication), *Enseignement et diffusion des sciences en France au dix-huitième siècle*, 1986, pp. 27-65.

² Remarquons que la ville d'Avignon à l'époque où Paulian publie ses premiers ouvrages se situe en dehors du territoire français et l'auteur jouit donc d'une liberté de pensée plus grande pour ses écrits qui ne sont pas soumis à l'approbation du Roi.

il devint membre de l'Académie de Nîmes et de la Société d'Agriculture de Lyon»³. L'article se poursuit par la liste complète des nombreuses publications de Paulian allant de 1758 à 1791⁴. Ajoutons que, dans son *Histoire littéraire de Nîmes*, Michel Nicolas remarque: «H.-A. Paulian était loin d'être un homme supérieur ; mais il avait une certaine facilité d'intelligence et il aimait le travail. Aussi, dans les nombreux ouvrages qu'il publia et qui ne renferment pas peut-être une seule idée qui lui appartienne en propre, il sut, profitant des nouvelles découvertes que d'habiles observateurs faisaient à cette époque en abondance, exposer sous des formes populaires les résultats les mieux établis de la science de son temps. Les travaux modernes ont enlevé toute espèce d'intérêt à ses écrits depuis longtemps oubliés ; mais au moment qu'ils parurent, ils obtinrent un grand succès»⁵. Par la suite, nous ferons la présentation de trois de ses ouvrages scientifiques les plus connus: le *Dictionnaire de physique portatif*, le *Dictionnaire de physique* et le *Traité de paix entre Descartes et Newton*.

1- *Dictionnaire de physique portatif*

La deuxième édition du premier ouvrage de Paulian est publiée en 1760. Le sous-titre est modifié et l'intitulé complet devient: *Dictionnaire de physique portatif, dans lequel on expose les découvertes les plus intéressantes de Newton & les notions géométriques nécessaires à ceux qui veulent se former une idée de la Physique moderne*. Dans la préface, Paulian constate: «Newton jouit aujourd'hui de la réputation qu'il mérite ; la plupart des Sçavans ont adopté ses principes, & l'attraction n'a pas été dans ce siècle moins funeste au Cartésianisme, que le fut autrefois l'impulsion à la Secte Péripatéticienne»⁶. Les livres sur la physique de Newton sont présentés, dit-il, «avec un étalage scientifique capable de décourager le commun des hommes». Paulian ajoute alors:

³ A. de Backer, *Bibliothèque des écrivains de la Compagnie de Jésus ou Notices bibliographiques*, 1872, t. 2, pp. 1813-1814.

⁴ Voir l'annexe sur la chronologie des publications de Paulian.

⁵ M. Nicolas, *Histoire littéraire de Nîmes et des localités voisines qui forment actuellement le département du Gard*, 1854, t. 2, pp. 246-252.

⁶ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique portatif*, 2^{ème} éd., «Préface», pp. 5-7, pour cette citation et les suivantes.

«Seroit-il donc impossible de faire comprendre la Physique de Newton aux personnes même qui n'auroient aucune teinture d'Algèbre ?» Il pense que ce n'est pas possible à moins de donner auparavant la signification de termes savants compliqués. C'est en procédant de cette manière qu'il entend, avec son *Dictionnaire de physique portatif*, «distinguer Newton physicien de Newton Algébriste». Généralement, dit-il, les physiciens qui ne sont pas d'excellents mathématiciens et qui lisent les commentaires sur Newton se trouvent à la fin ayant dans «l'esprit une infinité de doutes & de difficultés». C'est pour remédier à ce problème qu'il propose son ouvrage qui pourra être, dit-il, «aussi nécessaire aux jeunes Philosophes, que le sont aux écoliers des classes inférieures les Dictionnaires ordinaires». Cependant, pour Paulian, malgré l'utilisation commode d'un dictionnaire, celui-ci présente le défaut de l'éparpillement des matières. Pour remédier à ce problème et «pour faire un espèce de tout», il invite son lecteur à débiter par l'article «Physique» où il trouvera alors «la méthode d'apprendre cette science avec le secours de ce seul Livre». Au début de cet article, Paulian explique qu'il veut limiter son ouvrage à une physique bien distincte de la métaphysique: «La physique a pour objet le corps dans son état naturel, c'est-à-dire, une matière longue, large & profonde. C'est vouloir arrêter les progrès de cette science, que d'examiner si le Tout-puissant peut ôter au corps sa longueur, sa largeur & sa profondeur ; nous croyons qu'il le peut ; mais cependant comme physiciens, nous nous garderons bien de traiter une pareille question ; un corps dépouillé par miracle de ses trois dimensions, & ne conservant que l'exigence de l'extension, seroit plutôt l'objet de la métaphysique, que celui de la physique»⁷. Paulian donne alors des conseils pour bien employer son ouvrage. Pour cela, il faut commencer par «se former une idée nette de certains articles dont l'usage est très commun dans la physique moderne». Les articles en question abordent des notions mathématiques indispensables pour comprendre la physique. Dans un second temps, Paulian propose de lire les articles sur les traités physico-mathématiques qui «accoutument l'esprit à ne rien hasarder en Physique»: «Le mouvement & ses règles, la mécanique, la statique, l'hydrostatique, l'optique, la catoptrique & la dioptrique». Puis une fois cela fait, Paulian suggère de voir les systèmes de Descartes et de Newton en étudiant l'article «Tourbillons» pour le premier et les articles «Vuide», «Matière subtile newtonienne», «Lumière» pour le second. Après la physique générale, Paulian demande de poursuivre

⁷ Ibid., p. 283, pour cette citation et les suivantes.

avec les articles «Sphère» et «Loix de Kepler», pour connaître les différentes hypothèses sur le mouvement des astres, les articles «Ptolémée » et «Copernic», avant d'examiner les articles traitant de chaque astre. Enfin, la physique terrestre ⁸ doit être abordée avec les articles «Tremblements de terre causés par l'électricité», «Fossiles», «Aimant», «Flux & reflux», «Air», «Son», ou bien encore «Météores ignées». Dans la préface de l'ouvrage Paulian ajoute un «système physique» qui est, dit-il, «plutôt celui de Newton que celui des Newtoniens» ⁹, composé de neuf propositions, chacune accompagnée de corollaires plus ou moins nombreux ¹⁰. Paulian nous explique qu'il s'est servi de ce «système physique» pour rédiger les articles du *Dictionnaire de physique portatif* à propos duquel, il ajoute: «Pour le mettre dans tout son jour & pour traiter d'une manière intéressante une infinité de questions qui en dépendent, nous avons puisé dans des sources excellentes ¹¹». A la fin de la préface, Paulian cite deux critiques de la première édition du *Dictionnaire portatif de physique* tirées des périodiques l'*Année Littéraire* et le *Journal de Trévoux*. Il fait remarquer que les commentaires lui sont très favorables et que la méthode originale qu'il emploie est fort appréciée. Notons que le *Journal de Trévoux* souligne le refus de Paulian d'adhérer à l'idée d'une attraction qui serait inversement proportionnelle au cube des distances et le rédacteur du *Journal de Trévoux* écrit: «L'Auteur raisonne fort

⁸ Paulian découpe la physique terrestre en trois domaines distincts: l'intérieur de la terre, sa surface et son atmosphère.

⁹ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique portatif*, 2^{ème} éd., «Préface», 1760, p. 7.

¹⁰ Voir l'annexe correspondant. Notons que ce «système de physique» de Paulian porte surtout sur l'astronomie et la lumière.

¹¹ «Les principales sont les principes & l'optique de Newton ; les principes de Descartes ; les commentaires sur Newton des Pères le Sœur & Jacquier, Minimes ; les institutions Newtoniennes de M. l'Abbé Sigorgne ; les Mémoires de L'Académie des Sciences ; les Analyses de plusieurs questions de physique que l'on trouve dans les Journaux de Trévoux, des Savans, & dans plusieurs autres Ouvrages périodiques ; la Physique du P. Fabri Jésuite ; celle de M. Desaguliers ; les digressions Physiques que le P. De Chales Jésuite a insérées dans son monde Mathématique ; les leçons physiques de Privat de Molières ; les ouvrages de M. de Mairan, & sur-tout ses Traités de l'aurore boréale, de la glace, de l'estimation & la mesure des forces motrices des corps ; les leçons Physiques et l'Electricité de M. l'Abbé Nollet ; les Eléments de M. l'Abbé de la Caille ; le Spectacle de la Nature & l'Histoire du Ciel de M. Pluche ; les Entretiens physiques du P. Regnault Jésuite & son ouvrage sur l'Origine ancienne de la Physique moderne ; le Calendrier de Rivard ; enfin plusieurs questions de physique couronnées dans différentes Académies de l'Europe». A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique portatif*, 2^{ème} éd., «Préface», 1760, pp. 19-20.

pertinemment sur ce cas particulier, & en général on peut s'assurer qu'il a fort bien analysé ses idées ; que son Livre est méthodique, instructif, suffisamment orné de figures & du style le plus analogue au sujet»¹².



Page titre de la 2^{ème} édition du *Dictionnaire de physique portatif* de Paulian

¹² *Mémoires de Trévoux*, 1759, p. 1860.

2- Dictionnaire de physique

En 1761, Paulian fait paraître son *Dictionnaire de physique* en trois volumes. Dans le premier tome, il sépare la préface en deux. L'une correspond à la partie mathématique du *Dictionnaire de physique* et l'autre commente sa partie historique. Dans la première préface, il explique: «*Lorsque nous formâmes, il y a 12 ans, le dessein de composer l'Ouvrage que nous donnons aujourd'hui au Public, deux manières de traiter la Physique se présenterent à notre esprit, l'une hérissée de Géométrie & d'Algèbre, l'autre dénuée de toute notion mathématique*»¹³. Paulian remarque que s'il avait dû faire un choix entre l'une ou l'autre des façons de faire, il se serait porté sans aucune hésitation sur la première car, dit-il: «*Les Mathématiques & la Physique sont comme deux Compagnes qu'il seroit dangereux de séparer*». Pour cela, il ajoute à son *Dictionnaire de physique*, six «*Traités de Mathématiques*»¹⁴ que l'on trouve dans plusieurs articles de l'ouvrage: «*L'Arithmétique, les Eléments d'Algèbre, l'Analyse, la Géométrie, la Trigonométrie & les Sections coniques suffisent à tout homme qui veut lire avec succès les Grands Physiciens de nos jours*». En plus des traités purement mathématiques, il en ajoute «*d'autres que l'on trouve indifféremment dans les Livres de Physique & dans les Livres de Mathématique*» comme ceux traitant de l'optique, de la catoptrique ou de la dioptrique. Cependant, il précise que les «*Traités de Mathématiques*» n'ont pas pour ambition de rendre compte de toute l'étendue des mathématiques et il ajoute: «*Si tel eût été notre projet, nous aurions donné le calcul différentiel & intégral d'une manière bien différente ; on ne peut maintenant se regarder comme Mathématicien, que lorsqu'on possède à fond ce calcul admirable ; il est dans les Mathématiques ce que la Méchanique est dans la Physique*». Dans l'autre préface sur la partie historique, Paulian signale qu'on lui a reproché d'avoir publié avec son *Dictionnaire de physique portatif*, «*plutôt un Cours, qu'un Dictionnaire de Physique*». Afin de rendre l'ouvrage plus conforme aux attributs du dictionnaire et sans changer pour cela la méthode utilisée jusqu'à présent, Paulian y ajoute une partie

¹³ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, «Préface», 1761, t. 1, pp. 5-10, pour cette citation est les suivantes.

¹⁴ Ces «*Traités de mathématiques*» sont disséminés dans plusieurs articles de l'ouvrage: «*Arithmétique, Fraction, Arithmétique algébrique, Arithmétique algébrique appliquée à l'Analyse, Infinitésimal, Progressions, Proportions, Géométrie, Logarithme, Trigonométrie rectiligne, Trigonométrie sphérique, Sections coniques*».

historique qui correspond à *«l'exposition des systèmes généraux & particuliers de tous les Philosophes qui ont parû jusqu'à nous»*. De cette façon, dit-il, son *Dictionnaire de physique* pourra être très utile aux professeurs de physique ne pouvant pas facilement se procurer les nombreux ouvrages de science. Le dictionnaire contient aussi *«l'histoire critique des Ouvrages des Physiciens»* se limitant aux physiciens décédés¹⁵. Le deuxième tome de l'ouvrage débute avec un «avertissement» où Paulian donne son sentiment, déjà abordé, sur l'utilité des mathématiques en physique. Ici, il conseille son lecteur voulant se perfectionner en physique de ne lire les *«articles qui ont un rapport immédiat avec la physique expérimentale, que comme récompense de la peine qu'il aura eue à déchiffrer les articles qui renferment ce qu'il y a de plus sûr & de plus relevé dans la physique spéculative»*¹⁶. De plus, il ajoute: *«Une Physique d'où l'on banniroit tout ce qui peut avoir quelque connexion avec les Mathématiques, pour se borner à un simple recueil d'Observations & d'expériences, ne seroit qu'un amusement historique, plus propre à recréer un cercle de personnes oisives, qu'à occuper un esprit véritablement Philosophique»*. Paulian met en garde contre le risque de ne voir la physique qu'à travers ses nombreuses expériences: *«Il est bon que le monde apprenne que la vraie Physique n'est pas un assemblage de conjectures, mais un corps de science dont les fondements inébranlables sont les principes de la plus sûre Géométrie & de la plus infallible mécanique. Je ne prétens pas déclamer ici contre les faiseurs d'expériences ; mais je ne voudrois pas aussi qu'on donnât le nom de Physicien à un homme qui sçaura faire mourir un chat dans un récipient de la machine Pneumatique, ou tuer un moineau en introduisant dans son corps deux courants électriques...Ces sortes de gens sont autant au-dessous d'un grand Physicien, que ceux qui gagnent leur vie à montrer la lanterne magique, sont inférieurs au célèbre Kircher, inventeur de cet instrument catadioptriques»*. Enfin, il ajoute: *«Faisons donc des Expériences, mais faisons les en Physiciens, & non en Artisans, je veux dire, faisons-les de manière à pouvoir les expliquer suivant les règles de la mécanique»*¹⁷. Tout comme dans le *Dictionnaire de*

¹⁵ Paulian donne la liste des noms par ordre alphabétique et nous dénombrons en tout plus de deux cents physiciens qu'il a plus ou moins pris en compte pour la rédaction du *Dictionnaire de physique*.

¹⁶ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, «Avertissement», 1761, t. 2, p. 2, pour cette citation et les suivantes.

¹⁷ Nous pouvons nous demander ce qu'entend Paulian lorsqu'il dit: *«Expliquer suivant les règles de la mécanique»*. Inclut-il dans ce type d'explication l'action à distance des newtoniens ou bien seules les

physique portatif, la préface contient une «*Exposition du système Physique*» que Paulian suit dans le corps de son l'ouvrage. Le système de physique proposé est quasiment identique à celui du *Dictionnaire de physique portatif* et Paulian ne fait, ici, qu'ajouter des précisions plus ou moins longues à certaines propositions¹⁸. Enfin, les articles du *Dictionnaire de physique* sont bien plus complets que ceux contenus dans le *Dictionnaire de physique portatif* surtout quant à leur aspect historique et Paulian n'hésite pas à présenter longuement des théories auxquelles il n'adhère pourtant pas.

Le Journal des savants publie un article sur le *Dictionnaire de physique* de Paulian. L'auteur de l'article souligne l'originalité de l'ouvrage sans toutefois chercher à rentrer dans les détails de son contenu. Le rédacteur commence par exprimer son sentiment sur l'enseignement de la physique: «*On donne aujourd'hui des leçons très-étendues, & on fait des démonstrations qui sont telles qu'un jeune homme, en sortant de sa Philosophie, peut souvent, sans le secours des Maîtres, entendre les livres les plus profonds de Physique & de Géométrie*»¹⁹. Cependant, regrette-t-il, «*ces leçons sont répandues dans nombre d'ouvrages : il faut avec beaucoup de peines & beaucoup de dépenses les aller puiser dans des collections qui sont rares*» comme «*les transactions*

actions de contact sont admises comme l'entend la mécanique cartésienne? A première vue, il semblerait que Paulian raisonne plutôt à la manière des cartésiens mais il nous faudra approfondir son œuvre pour fournir une réponse satisfaisante à ce sujet.

¹⁸ Ainsi, dans la première proposition, il ajoute: «*Parmi ces loix [générales de la nature], il y en a dont nous connoissons la raison, & il y en a dont la raison nous est inconnue. De cette dernière espèce est la suivante : Six Planètes tourneront périodiquement autour du Soleil, cinq autour de Saturne, quatre autour de Jupiter, & une autour de la Terre. Parmi le grand nombre de loix de la nature dont la raison nous est connue, on doit mettre celle-ci. La communication de la vitesse se fera en raison directe des masses. En effet un corps en repos résiste d'autant plus au mouvement, que sa masse est plus considérable ; donc un corps ne peut pas passer de l'état de repos à celui de mouvement sans recevoir une vitesse proportionnelle à sa masse ; donc la communication de la vitesse a dû se faire en raison directe des masses*». (A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, «Préface contenant l'exposition du système physique», 1760, t. 1, pp. 5-12, pour cette citation et la suivante.) A la troisième proposition, Paulian précise que «*Newton se représente l'éther qui se trouve dans les espaces comme sept cent mille fois plus rare que l'air que nous respirons*», ce qui lui permet de conclure «*que la résistance qu'il oppose aux corps solides qui le traversent doit être plus de six cent millions de fois moindre que celle de l'eau, & que par conséquent les Planètes peuvent s'y mouvoir avec autant de facilité que dans le vuide*».

¹⁹ *Journal des Sçavans*, 1762, pp. 690-692, pour cette citation et les suivantes.

Philosophiques, les Mémoires de l'Académie des Sciences, les Ephémérides d'Allemagne, les Actes de Berlin, de Suède, d'Edimbourg, de Petersbourg, les Journaux, &c. les écrits des Médecins qui ont beaucoup contribué aux progrès de la Physique». En outre, il ajoute que ces publications scientifiques se font souvent dans des langues étrangères et que la difficulté pour les comprendre s'en trouve accentuée. Le rédacteur de l'article reconnaît que le *Dictionnaire de physique* de Paulian vient faciliter la tâche de ceux qui «*étudient la Physique, & d'une façon plus particulière encore aux Professeurs*». De plus, il précise que la teneur en mathématique et en histoire des sciences du dictionnaire lui paraît très appropriée pour ce type d'ouvrage de physique. Après avoir expliqué le grand intérêt du plan d'étude que propose Paulian dans sa préface, le commentateur retient aussi «*le projet ou programme de physique*» en quatre séances qui termine le *Dictionnaire de physique*: «*La première doit rouler sur les Traités de Mathématiques absolument nécessaires à tout homme qui veut faire quelques progrès dans la Physique moderne ; la seconde sur la physique systématique ; la troisième sur les Traités Physico-mathématiques ; la quatrième sur la Physique expérimentale*».

Le *Journal de Trévoux* commente aussi la publication du *Dictionnaire de physique* dans un article d'avril 1762. Celui-ci est en grande partie consacré au contenu mathématique de l'ouvrage et le rédacteur signale que «*la partie Mathématique est comprise dans l'étendue de près de 400 pages*»²⁰. A propos de l'article «Analyse», il fait remarquer que «*cette matière est même poussée plus loin ici que dans la plûpart des Livres élémentaires*», de sorte que Paulian «*étend l'Analyse à des opérations où son utilité est bien plus sensible, & qui soumettent à l'esprit un exercice plus agréable & plus amusant, en appliquant à la résolution de divers problèmes de Physique*». Cependant, le rédacteur relève une «*légère omission*» puisque, dit-il: «*[Paulian] ne nous apprend pas ce que c'est que ces Quantités, que les Géomètres considèrent comme infiniment grandes ou infiniment petites*». Ce manque est comblé dans l'article du *Journal de Trévoux* qui, au demeurant, n'accable pas Paulian de ne pas l'avoir fait lui-même car: «*L'objet qu'il se propose en traitant des Mathématiques, n'est pas de former des Mathématiciens... Il n'a en vue que d'applanir l'entrée de la Physique, en exposant clairement & en démontrant les principes Mathématiques qu'il importe le plus à un Physicien de savoir*». Pour finir, le

²⁰ *Mémoires de Trévoux*, avril 1762, pp. 827-841, pour cette citation et les suivantes.

rédacteur reconnaît que Paulian est toujours très clair dans ses explications et ajoute: «*Il répand sur tout ce qu'il traite, une lumière qui éclaire sans fatiguer, & que des esprits, qui ne sont même que médiocres, peuvent suivre sans beaucoup de peine*». Dans le *Journal de Trévoux* de mai 1762, un autre article poursuit la critique du *Dictionnaire de physique* abordant cette fois sa partie physique. Une nouvelle fois, on signale l'ingéniosité de Paulian qui parvient à réaliser un dictionnaire complet de physique dont les différents articles peuvent se lire à travers un plan d'apprentissage donné dans l'article «Physique». L'auteur de l'article reconnaît que Paulian a su rendre abordable la physique même lorsqu'il traite les domaines les plus difficiles. De plus, il trouve «*que chaque matière est traitée dans l'étendue qu'il convient à son importance*»²¹, de sorte que beaucoup de questions d'ordre métaphysique ne sont abordées «*que pour faire voir qu'elles sont frivoles en elles-mêmes, & tout-à-fait étrangères à la bonne Physique*». De plus, dit-il, l'ouvrage est «*semé d'un grand nombre de traits bien choisis dans les ouvrages des plus célèbres Physiciens... Tantôt il cite les propres paroles des Auteurs qu'il copie ; tantôt il donne des extraits judicieux de leurs ouvrages*». Cependant, ajoute-t-il, lorsque Paulian «*rapporte les sentiments des Physiciens, ce n'est pas toujours dans le dessein de les adopter. On trouvera un grand nombre d'Articles où l'exposition d'un sentiment est suivie de sa réfutation*». Sur ce point, le rédacteur prend l'exemple de l'article «Tourbillon» dans lequel: «*L'Auteur réfute d'une manière claire & précise les hypothèses de Descartes, de M. de Molieres, & de M. de Fontenelle*». De plus, il remarque que Paulian utilise parfois des préceptes cartésiens alors qu'il se définit pourtant comme un newtonien convaincu... Ainsi, le rédacteur n'est pas tout à fait d'accord avec lui quand il choisit ce système intermédiaire pour lever «*la difficulté qu'on trouve à expliquer la Dureté, l'Elasticité, &c. par l'Attraction*». Mais, l'article relève une contradiction évidente à vouloir utiliser le système de l'impulsion: «*En effet, si une matiere subtile quelconque Cartésienne ou Newtonienne*»²², (le nom n'y fait rien), répandue par-tout, a

²¹ *Mémoires de Trévoux*, mai 1762, pp. 1164-1175, pour cette citation et les suivantes.

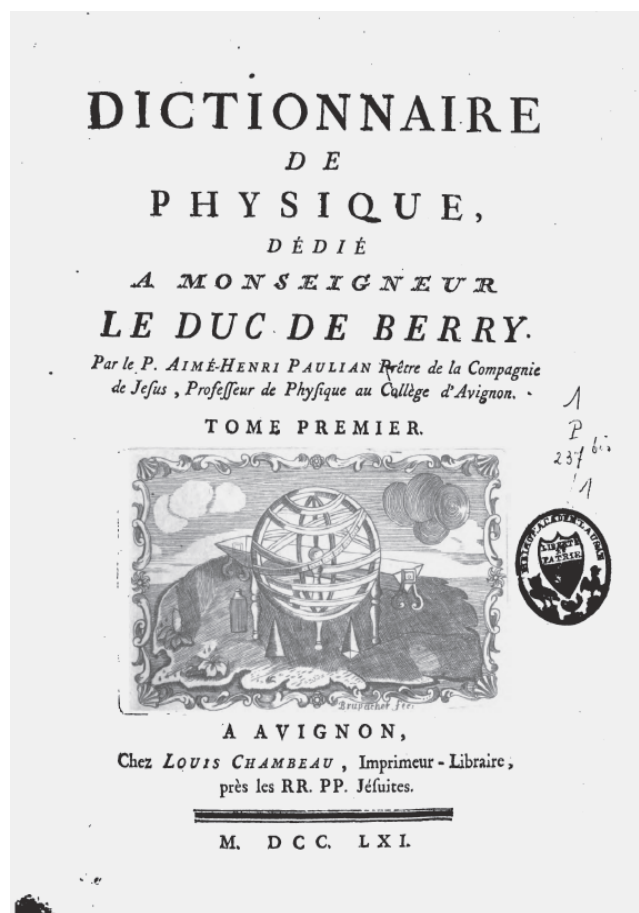
²² Ici, le journaliste fait référence à deux articles du *Dictionnaire de physique* dans lesquels Paulian distingue d'une part, la matière subtile cartésienne et, d'autre part, la matière subtile newtonienne. La première qui est en mouvement permanent et qui entraîne les corps durs ne convient pas pour expliquer certains phénomènes. L'autre matière subtile, tirée des questions à la fin du *Traité d'optique* de Newton, est abordée par Paulian dans l'article correspondant: «*Cet éther bien différent de la matière subtile cartésienne, n'a aucun mouvement d'occident en orient ; n'a aucune densité sensible... C'est de cet éther Newtonien*

assez de force pour comprimer les particules des corps durs, & pour s'opposer à leur séparation dans le rapport que l'expérience nous découvre ; comment cette même matière n'a-t-elle pas assez de force pour s'opposer sensiblement aux mouvements de Planètes, & des corps qui se meuvent dans le vuide de la machine pneumatique ?» De plus, l'auteur de l'article ne croit pas qu'il faille considérer avec trop d'importance certaines remarques qu'avait faites Newton dans son *Traité d'optique* comme le fait parfois Paulian quand il veut «défendre l'existence de cette matière subtile, & des propriétés qu'on lui attribue». Il donne son point de vue sur certaines des questions du *Traité d'optique* de Newton qui prêtent le plus à confusion: «Ce grand homme n'en parle que pour demander s'il ne seroit pas possible qu'elle existât. C'est une question qu'il fait ; ce n'est pas même un doute qu'il forme, bien loin que ce soit une hypothèse qu'il établit ; & peut-être cette question même ne l'a-t-il proposée, que parce qu'il craignoit d'avoir trop fait contre le système ingénieux, & alors accrédité de Descartes²³». L'auteur de l'article rend un avis très positif sur les contenus des articles du *Dictionnaire de physique* traitant de la physique expérimentale dans lesquels il règne, dit-il, «une clarté & une netteté singulières ; & l'on aperçoit, dans l'explication de quelques expériences, des vues neuves qui n'ont pu être saisies que par un esprit accoutumé à examiner, & réfléchir & à combiner». Terminant l'analyse du *Dictionnaire de physique*, il signale l'intérêt de suivre le «Projet d'exercices» placé à la fin du troisième tome qui «peut être regardé en même-temps comme une Table raisonnée de tout l'ouvrage». Enfin, il commente les articles «Astronomie» et «Mouvement Elliptique» qu'il corrige sur certains points²⁴.

dont nous nous servons pour expliquer une infinité de phénomènes terrestres d'une manière physique». H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 2, p. 515.

²³ Relevons ici le point de vue de l'auteur de l'article à propos des questions du *Traité d'optique* de Newton qui diverge de celui de Paulian. Pour ce dernier, les questions à la fin de l'ouvrage de Newton constituent une part de la pensée de l'auteur qu'il ne faut pas négliger pour comprendre la physique qu'il prône. Cette considération plus ou moins grande pour les questions du *Traité d'optique* est un sujet sur lequel nous reviendrons lorsque l'on examinera plus attentivement l'œuvre de Paulian.

²⁴ Dans l'article «Astronomie», le reproche qui est fait à Paulian concerne l'explication de la méthode ancestrale employée pour diviser le zodiaque en douze parties égales. Paulian suit l'avis de l'abbé Pluche qui «suppose que l'on fit cette division par le moyen d'une espèce de Clepsydre». (*Mémoires de Trévoux*, mai 1762, pp. 1175-1178 pour cette citation et les suivantes.) Mais l'auteur de l'analyse du *Dictionnaire de physique* trouve cette explication beaucoup trop simpliste et il en démontre l'impossibilité. Quant au mouvement elliptique, Paulian pense qu'il est «composé d'un mouvement paracentrique, & de plusieurs



Page titre du *Dictionnaire de physique* de Paulian

mouvements circulaires concentriques». Là-dessus le rédacteur ajoute: «Il a suivi M. Sigorgne qui lui-même a suivi M. Leibniz. Or cette manière de concevoir le mouvement elliptique est beaucoup moins simple & moins lumineuse que celle dont Newton & ses plus célèbres Disciples l'ont toujours conçu». D'autant plus, dit-il, que Leibniz avait proposé cette décomposition du mouvement elliptique des planètes avant tout pour satisfaire à la théorie des tourbillons. Enfin, cette manière de concevoir les mouvements elliptiques aurait fait imaginé à quelques newtoniens que: «Dans l'ellipse la force centrifuge varioit en raison inverse des cubes des distances, & qu'il régnoit conséquemment entre la force centrifuge et la force centripete une espèce de combat perpétuel, où tantôt l'une & tantôt l'autre se trouvoit supérieure : idée qui est tout-à-fait étrangère à la vraie théorie de Newton». Cependant, cette conception nouvelle de l'attraction n'est pas partagée par Paulian comme le prouve sa huitième proposition du système de physique contenue dans la préface du *Dictionnaire de physique*: «Puisque Newton a démontré que l'Attraction agissoit en raison inverse des quarrés des distances, on ne conçoit pas comment quelques Newtoniens la font agir en raison inverse des triples des distances, pour expliquer la dureté des corps & quelques autres Phénomènes terrestres. Les Cartésiens auront toujours droit de leur objecter que les Loix de la nature sont constantes & uniformes, & qu'il n'est permis à personne de les changer à sa fantaisie». A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, «Préface», 1761, t. 1, p. 17.

Une seconde édition de l'ouvrage est publiée en 1773. Celle-ci, dédiée à Monseigneur le Dauphin²⁵, reçoit «*l'approbation & le Privilège du Roy*». Dans la préface, Paulian informe des modifications faites dans cette nouvelle édition par rapport à celle de 1761: «*C'est cet ouvrage là même dont l'édition est épuisée depuis quelques années, que nous redonnons aujourd'hui en trois gros Volumes in Octavo sur caractere petit Romain, avec des corrections & additions qui sont le fruit de dix ans de l'étude la plus assidue... Tout ce que nous dirons en général, c'est que, non contents d'avoir mis la dernière main aux articles déjà imprimés de l'ancien Dictionnaire, nous avons orné cet Ouvrage d'un grand nombre d'autres articles dont les uns, par pur oubli, n'avoient pas été traités dans la première édition, & les autres n'ont pû l'être que dans celle-ci, parce qu'ils contiennent les principales découvertes dont la Physique & les Mathématiques ont été enrichies depuis l'année 1761*»²⁶. En 1781, une huitième édition du *Dictionnaire de physique*²⁷ est publiée, ce qui montre le grand succès de l'ouvrage qui lui vaut d'être réimprimé à cinq reprises entre les éditions de 1773 et 1781²⁸. Paulian y explique: «*Le public, toujours à notre égard, a fait à l'édition dont nous venons de rendre compte [celle de 1773], le même accueil qu'il avoit fait aux éditions précédentes ; & c'est sur la demande réitérée des Libraires les plus accrédités que je suis déterminé à faire reparoître mon Dictionnaire, enrichi des nouvelles découvertes que nous avons faites en Physique*

²⁵ La première édition était dédiée au Duc de Berry. A cette époque le *Dictionnaire de physique* est édité à Avignon, ville pontificale qui n'appartient pas au royaume de France. En 1762, le contexte change puisque la Compagnie de Jésus est supprimée. Paulian n'a d'autre choix que de ne plus se revendiquer officiellement jésuite pour exercer en France (bien qu'il le soit très certainement toujours de manière officieuse). La deuxième édition du *Dictionnaire de Physique* est éditée à Nîmes et Paulian se présente maintenant comme un «simple» prêtre associé à l'Académie royale de Nîmes, une des nombreuses Académies royales de province ayant pour modèle l'Académie royale des sciences de Paris. Sur ce sujet, lire: S. Mazauric, *Histoire des sciences à l'époque moderne*, 2009, pp. 254-256.

²⁶ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 2^{ème} éd., «Préface sur la partie physique», 1773, t. 1, pp. 7-8, pour cette citation et la suivante.

²⁷ Cette huitième édition est maintenant dédiée au nouveau Roi, Louis XVI, qui fut couronné en 1774 à la mort de son grand-père, Louis XV, père du Dauphin Louis-Ferdinand de France, lui-même décédé en 1765. Dans cette édition Paulian se désigne «*Prêtre, de l'Académie Royale de Nîmes & de la Société Royale d'Agriculture de Lyon* ». L'ouvrage est maintenant imprimé à Nîmes et à Avignon.

²⁸ Notons que nous n'avons aucune trace de ces éditions intermédiaires très certainement imprimées en très petit nombre et sans modifications par rapport à l'édition de 1773.

depuis 6 ou 7 années²⁹ »³⁰. Cette huitième édition comporte quatre volumes. Six années plus tard, Paulian fait publier, non plus un *Dictionnaire de physique* «actualisé» mais, un ouvrage supplémentaire qu'il nomme: *Dictionnaire des nouvelles découvertes faites en physique, pour servir de supplément aux différentes éditions du Dictionnaire de physique*. Sur cet ouvrage, il explique: «*Les nouvelles découvertes, faites en Physique depuis trois ou quatre ans, rendent insuffisants tous les Dictionnaires qui ont paru sur cette matière...C'est pour compléter non-seulement l'édition dont nous venons de parler, mais encore celles qui l'ont précédée, que nous nous sommes déterminés à donner ce Supplément...Ce que nous pouvons dire en général, c'est qu'on a rien découvert en Physique, depuis l'année 1781, que nous n'ayons soumis à l'examen le plus exact & même le plus sévère*»³¹. Comme pour ses précédents dictionnaires, il relie les différents domaines abordés par l'intermédiaire de l'article «Physique»³². Dans la préface, Paulian

²⁹ Paulian précise quelques articles qu'il a ajouté dans la nouvelle édition et qui concernent les expériences «*qui ont rapport aux airs factices, à l'analogie entre les fluides nerveux, électrique & magnétique, à la meilleure manière de réduire les grains en farine, &c. &c.*». A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 8^{ème} éd., «Préface sur la partie physique», 1781, t. 1, p. 6.

³⁰ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 8^{ème} éd., «Préface sur la partie physique», 1781, t. 1, p. 6.

³¹ A.-H. Paulian, *Dictionnaire des nouvelles découvertes faites en physique, pour servir de supplément aux différentes éditions du Dictionnaire de physique*, «Préface», 1787, pp. 3-5, pour cette citation et les suivantes.

³² Cependant, cet article «Physique» est différent de celui qui était contenu dans le *Dictionnaire de physique*. Outre sa composition qui permet toujours de donner une unité à l'ensemble de l'ouvrage, la présentation de la physique en tant que discipline a été considérablement remaniée et cette dernière devient l'affaire de différentes spécialités: «*C'est la science de la Nature. La physique, considérée sous ce point de vue général, contient donc, avec les objets qui lui sont propres, les Mathématiques, l'Histoire naturelle, la Botanique, la Chimie & même la Médecine. A cause de la foiblesse de l'esprit humain & de la brièveté de la vie de l'homme, on a été forcé de diviser cette science universelle en différentes branches ; & pourvu qu'on ait une teinture légère de Botanique, de Chimie, d'Histoire naturelle & de Médecine, l'on peut se dire Physicien, si l'on a étudié avec soin & avec succès la Nature dans ses autres parties, surtout si l'on a des connoissances plus qu'ordinaires dans les Mathématiques ; car une physique dénuée de Géométrie & d'Algebre, ne seroit qu'un simple recueil d'observations & d'expériences, une manipulation purement mécanique, en un mot, un amusement historique, plus propre à recréer un cercle de personnes oisives, qu'à occuper un esprit véritablement philosophique*». A.-H. Paulian, *Dictionnaire des nouvelles découvertes faites en physique, pour servir de supplément aux différentes éditions du Dictionnaire de physique*, 1787, pp. 305-306.

met en garde son lecteur à propos d'un ouvrage de philosophie qui, selon lui, contient beaucoup de choses fausses: «*Vers le milieu de l'année 1770, la cabale philosophique leva enfin l'étendard de l'irréligion & de la révolte. Elle eut la témérité de faire paroître son code scandaleux, sous le titre de Système de la Nature, & par-là elle couronna tous les attentats dont elle s'étoit jusqu'alors rendue coupable envers les Mœurs, la Religion & l'Etat*». Dans ses deux précédentes éditions du *Dictionnaire de physique*, Paulian avait attaqué cet ouvrage dans l'article «Système». Cependant, Paulian qui n'est pas assez satisfait de ses précédents écrits souhaite maintenant «*attaquer directement la partie physique de cet ouvrage, la renverser & par-là pulvériser ce fameux, cet indigne Système*». Pour cela, il explique qu'il faut tout d'abord entreprendre la lecture de l'article «Système de la nature» pour: «*Faire un tout de différentes parties isolées dont l'ordre alphabétique paroît d'abord détruire la liaison essentielle qu'elles ont entre elles*³³». A la fin de cet article, il ajoute une partie intitulée «*Observation intéressante*» dans laquelle il commente une autre critique du *Système de la nature*³⁴ contenue dans l'article «Dieu» des *Questions sur l'Encyclopédie* de Voltaire. Paulian approuve parfaitement les explications données par Voltaire qui rejette le matérialisme de l'auteur, ce dernier ayant utilisé une expérience des plus communes³⁵ pour démontrer cette thèse. Mais bien qu'il suive Voltaire sur le rôle attribué à Dieu dans la nature, Paulian n'en reste pas moins opposé au célèbre écrivain: «*Qu'on ne conclue pas de-là cependant que le recueil de ses questions sur l'encyclopédie forme un bon ouvrage ; ce seroit le plus dangereux, le plus mauvais qui ait encore paru, si le Système de la Nature n'avoit jamais vu le jour...M. de*

³³ Ici, Paulian promet d'attaquer la partie morale de l'ouvrage incriminé dans une prochaine édition de son *Dictionnaire Philosophico-Théologique*.

³⁴ Par la suite, l'ouvrage sera attribué au Baron d'Holbach.

³⁵ Le simple mélange d'eau et de farine enfermé un moment fait voir au microscope des «*êtres organisés*». Ainsi, selon l'auteur du *Système de la nature*, la vie pourrait provenir d'un simple assemblage de corps inertes mis en mouvement, sans aucune intervention Divine. Cependant, Voltaire contredit cette affirmation: «*La matière est étendue, solide, gravitante, divisible ; j'ai tout cela aussi bien que cette pierre. Mais a-t-on jamais vu une pierre sentante & pensante ? Si je suis étendu, solide, divisible, je le dois à la matière. Mais j'ai sensations & pensées ; à qui le dois-je ? Ce n'est pas à de l'eau, à de la fange ; il est vraisemblable que c'est à quelque chose de plus puissant que moi. C'est à la combinaison seule des éléments, me dites-vous. Prouvez-le moi donc, faites-moi donc voir nettement qu'une cause intelligente ne peut m'avoir donné l'intelligence. Voilà où vous êtes réduit*». Voltaire, *Questions sur l'Encyclopédie*, 1771, t. 4, p. 294.

Voltaire ne pense que trop souvent comme l'Auteur qu'il vient de réfuter»³⁶. Cet autre extrait montre l'animosité que Paulian éprouve pour Voltaire: «Nous n'avons-nous pas cru devoir accorder à leur Auteur, dans ce Supplément, une place parmi les Physiciens que la mort nous a enlevés. Nous nous proposons de lui assigner celle qu'il mérite à tant de titres dans la nouvelle édition de notre Dictionnaire Philosophico-théologique». Dans la préface du *Supplément*, Paulian commente le *Dictionnaire de Physique* écrit par M. Sigaud de Lafond³⁷ et publié en 1780. Il critique une lettre annonçant la parution de l'ouvrage qui était destinée «à tous les Libraires de l'Europe»: «Si enfin on s'étoit contenté dans cette lettre d'inviter le Public à préférer le Dictionnaire de M. Sigaud à celui dont on a été obligé, dans l'espace d'une vingtaine d'années, de faire huit éditions différentes, presque aussitôt débitées, qu'imprimées...Mais que dans une lettre circulaire imprimée, le Libraire, apparemment à l'insu de l'Auteur, ait parlé avec une espece de mépris d'un ouvrage auquel le Public a toujours fait l'accueil le plus flatteur»³⁸. L'agacement de Paulian est d'autant plus fort que l'ouvrage en question plagie souvent le sien de sorte, dit-il, «que les grands articles de ce manuscrit où sont traités les points de Physique les plus intéressans & les plus difficiles à expliquer, sont tirés mot pour mot de notre Dictionnaire». Il se charge alors de détailler chaque article dont il est l'auteur car, dit-il: «Mon ouvrage peut avoir encore différentes éditions, avant & après ma mort ; ne m'exposerois-je pas, si je gardois en cette occasion le silence, de passer, dans l'esprit de nos neveux, pour un homme qui, dans les occasions les plus critiques, a copié servilement un Dictionnaire...C'est un principe incontestable : chacun a droit de reprendre son bien

³⁶ A.-H. Paulian Aimé-Henri, *Dictionnaire des nouvelles découvertes faites en physique, pour servir de supplément aux différentes éditions du Dictionnaire de physique*, 1787, pp. 355-357, pour cette citation et la suivante.

³⁷ J. A. Sigaud de Lafond (1730-1810) commence par étudier la médecine. En 1760, il intègre le collège Louis-le-Grand à Paris où il remplace l'abbé Nollet pour enseigner l'anatomie, la physiologie et la physique expérimentale. A Paris, il ouvre un cours public dans son cabinet de physique expérimentale qui l'amène à publier, en 1775, son ouvrage de référence : *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale*. En 1782, il devient professeur au collège de Bourges où il finira sa carrière. C. Balpe, «L'enseignement des sciences physiques : naissance d'un corps professoral (fin XVIIe-XIXe siècle)», *Histoire de l'éducation*, N°73, 1997, p. 52.

³⁸ A.-H. Paulian, *Dictionnaire des nouvelles découvertes faites en physique, pour servir de supplément aux différentes éditions du Dictionnaire de physique*, «Préface», 1787, pp. 6-38

partout où il se trouve». Paulian relève onze articles³⁹ provenant de son propre *Dictionnaire de physique*. Pour conclure, il met en garde Sigaud de Lafond: «*Les plagats manifestes dont nous venons de faire l'énumération, occupent, dans le Dictionnaire de M. Sigaud, environ cent cinquante pages. Nous prévenons cet Auteur que nous allons continuer nos recherches pour des articles moins importants, s'il n'avertit pas au plutôt le Public, par la voie des feuilles périodiques, qu'il n'a eu aucune part à la lettre circulaire dont je me plains, & que mon Dictionnaire a été une des sources dans lesquelles il a cru devoir puiser le sien*». En 1789, une neuvième édition du *Dictionnaire de physique*⁴⁰ est éditée dans laquelle Paulian inclut les articles du *Supplément* sorti deux ans plus tôt⁴¹.

Le *Dictionnaire de physique* de Paulian a donc pour ambition d'instruire le «grand public»⁴² sur une matière souvent trop compliquée pour lui. Cela s'explique avant tout par la place que tiennent les mathématiques dans la physique newtonienne. Les développements mathématiques que l'on trouve dans la plupart des ouvrages newtoniens sont trop souvent inaccessibles pour la plupart des lecteurs. Cependant, Paulian arrive à proposer un ouvrage adapté qui lui permet d'obtenir un immense succès pendant presque trente ans⁴³. Enfin, une des originalités du *Dictionnaire de physique* tient en la manière très originale de procéder de notre auteur. Bien qu'il se revendique toujours comme un newtonien, Paulian ne suit pas toujours cette doctrine. Il cherche avant tout à donner des

³⁹ Les articles incriminés appartiennent pour la plupart au domaine de l'astronomie. Paulian commente longuement deux plagats manifestes avec les articles sur les lois de Kepler et la pesanteur de la Lune.

⁴⁰ «*La neuvième édition de ce Dictionnaire, ne contient que ce que renferme l'édition de cet Ouvrage, faite en 1781, & le Supplément imprimé en 1787*». A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 9^{ème} éd., «Dédicace au Roi», 1789, t. 1, p. 2.

⁴¹ Après la révolution française, le *Dictionnaire de physique* ne connaîtra aucune autre édition. Signalons encore, qu'en 1790, Paulian publie un tout nouvel ouvrage de sciences: *La physique à la portée de tout le monde*. Celui-ci s'adresse toujours à un large public mais est bien moins étendu que son célèbre *Dictionnaire de physique* progressivement rédigé durant plusieurs décennies.

⁴² A cette époque, les ouvrages d'enseignement de la physique s'adressent autant aux professeurs, aux étudiants qu'aux simples amateurs de science.

⁴³ Notons que Paulian a fait toute sa carrière dans le sud de la France (rappelons qu'avant la suppression de la Compagnie de Jésus, Avignon était hors de France) et ne s'est pas installé à Paris pour asseoir sa notoriété.

explications qui conviennent le mieux pour chaque phénomène. Cela est mis davantage en exergue dans un autre de ses ouvrages que nous allons maintenant présenter.

3- *Traité de paix entre Descartes et Newton*

En 1763, Paulian publie, en trois volumes, son *Traité de paix entre Descartes et Newton précédé des vies littéraires de ces deux chefs de la Physique moderne* qui sera intégralement réimprimé, en 1769, sous le titre, *Système général de philosophie tiré des ouvrages de Descartes et de Newton*, avec un volume supplémentaire consacré exclusivement à l'électricité⁴⁴. A une époque où la pensée de Descartes semblait être tombée en désuétude, Paulian compose cet ouvrage dans lequel il veut «exposer les véritables sentiments de Descartes & de Newton, & faire une espèce de traité de paix entre ces deux chefs de la Physique moderne»⁴⁵. Après avoir retracé les parcours des deux savants et expliqué «les erreurs qu'ils ont enseignées, & les vérités qu'ils ont découvertes», Paulian propose «un système mixte d'où les unes seront exclues, & où les autres seront heureusement alliées». Si ce nouveau système permet de faire progresser la physique alors, dit-il, «la physique systématique prend tout de suite une nouvelle forme, dont elle ne sauroit guères se passer». Paulian semble ainsi vouloir redonner une place à la physique des systèmes qui, avec la consécration des théories newtoniennes, se trouve reléguée au second plan. Sur son système «Newto-Cartésien», il explique: «Ce n'est donc pas ici un projet que j'aie formé à la légère & sans connoissance de cause. Je l'ai insinué dans tous les ouvrages que j'ai donnés au Public depuis 5 à 6 années»⁴⁶. Il cite un extrait de *Journal de Trévoux* de mai 1762 qui commente son *Dictionnaire de physique* dans

⁴⁴ Ce volume est le fruit d'une controverse entre l'abbé Nollet et Paulian qui débute avec une lettre de Nollet critiquant avec véhémence le contenu de l'article «Electricité» du *Dictionnaire de physique*. (J.-A. Nollet, *Lettres sur l'électricité*, 3^{ème} partie, «Dix-neuvième lettre», 1767, pp. 178-207.) En 1768, Paulian répond en faisant paraître un ouvrage complet sur l'électricité intitulé, *L'électricité soumise à un nouvel examen, dans différentes lettres adressées à M. l'abbé NOLLET*, l'ensemble du contenu de cet ouvrage constituant le quatrième tome de son *Système général de philosophie tiré des ouvrages de Descartes et de Newton* publié l'année suivante.

⁴⁵ A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, «Préface», 1763, t. 1, pp. 6-7, pour cette citation et les suivantes.

⁴⁶ *Ibid.*, t. 3, pp. 2-15, pour cette citation et les suivantes.

lequel on le présente comme étant newtonien pour certains domaines de la physique et cartésien pour d'autres: *«Le système qu'il a embrassé est comme mitoyen entre celui de Newton & celui de Descartes. Il s'accorde entièrement avec le premier pour la physique céleste, la lumière & les couleurs ; mais il se rapproche beaucoup du second dans ce qui regarde la dureté, l'Elasticité, les Fermentations, les Tuyaux capillaires &c⁴⁷»⁴⁸*. Paulian explique qu'il n'est *«pas le premier à tenter une pareille conciliation»*. Il cite une partie de la préface du premier tome des *Leçons de physique* de l'abbé de Molières qui prétendait avec son ouvrage: *«Qu'on trouveroit heureusement allié le Cartésianisme avec le Newtonianisme»*. Mais, selon Paulian, cette entreprise n'avait aucune chance d'aboutir car, dit-il à propos de l'abbé de Molières: *«C'étoit un Cartésien outré, pour ne pas dire fanatique»*. Il ajoute encore sur le physicien: *«Aussi n'a-t-il pas même été soupçonné d'avoir tenu sa parole ; on n'est pas fait pour accommoder les gens, lorsqu'on est déterminé à mettre tout d'un côté, & rien de l'autre»*. Paulian mentionne aussi un *«Traité d'accommodement»* entre Aristote et Descartes du Père Daniel⁴⁹ qui n'a toujours rien à voir avec la méthode qu'il veut employer: *«Cette pièce, toute ingénieuse qu'elle est, ne m'a pu être d'aucun usage ; & c'est pour le démontrer au lecteur, que je vais lui en faire le précis, en me servant, autant qu'il me sera possible des termes même de l'Auteur»*. Paulian donne un résumé de cet ouvrage composé de deux parties dont *«la première prescrit la manière dont les Aristotéliens & les cartésiens devront désormais se composer les uns avec les autres»*. La seconde partie rassemble, quant à elle, les *«propositions»* sur lesquelles les deux partis doivent s'entendre. Les trois propositions qui s'appliquent plus particulièrement à la physique sont résumées par Paulian: *«Aristote ne chicanera pas Descartes sur l'existence du Plein, pourvu que celui-ci lui avoue que le vuide n'est pas métaphysiquement impossible...Les Aristotéliens seront obligés d'expliquer, comme les Cartésiens, la dureté, la fluidité, le ressort, la chaleur, le froid, & la plupart des autres qualités des corps...Les règles du mouvement trouvées par Descartes, seront sujetes à un nouvel examen ; & on les adoptera, si elles se trouvent*

⁴⁷ Cependant, par la suite, le rédacteur devient plus sceptique quant à la méthode employée par Paulian: *«Il explique ces propriétés des corps & des phénomènes par la pression d'un fluide délié, qu'il appelle Matière subtile Newtonienne. Nous ne savons si ce mélange de deux systèmes si contraires, sera généralement approuvé»*. *Mémoires de Trévoux*, mai 1762, p. 1169.

⁴⁸ *Mémoires de Trévoux*, mai 1762, p. 1169.

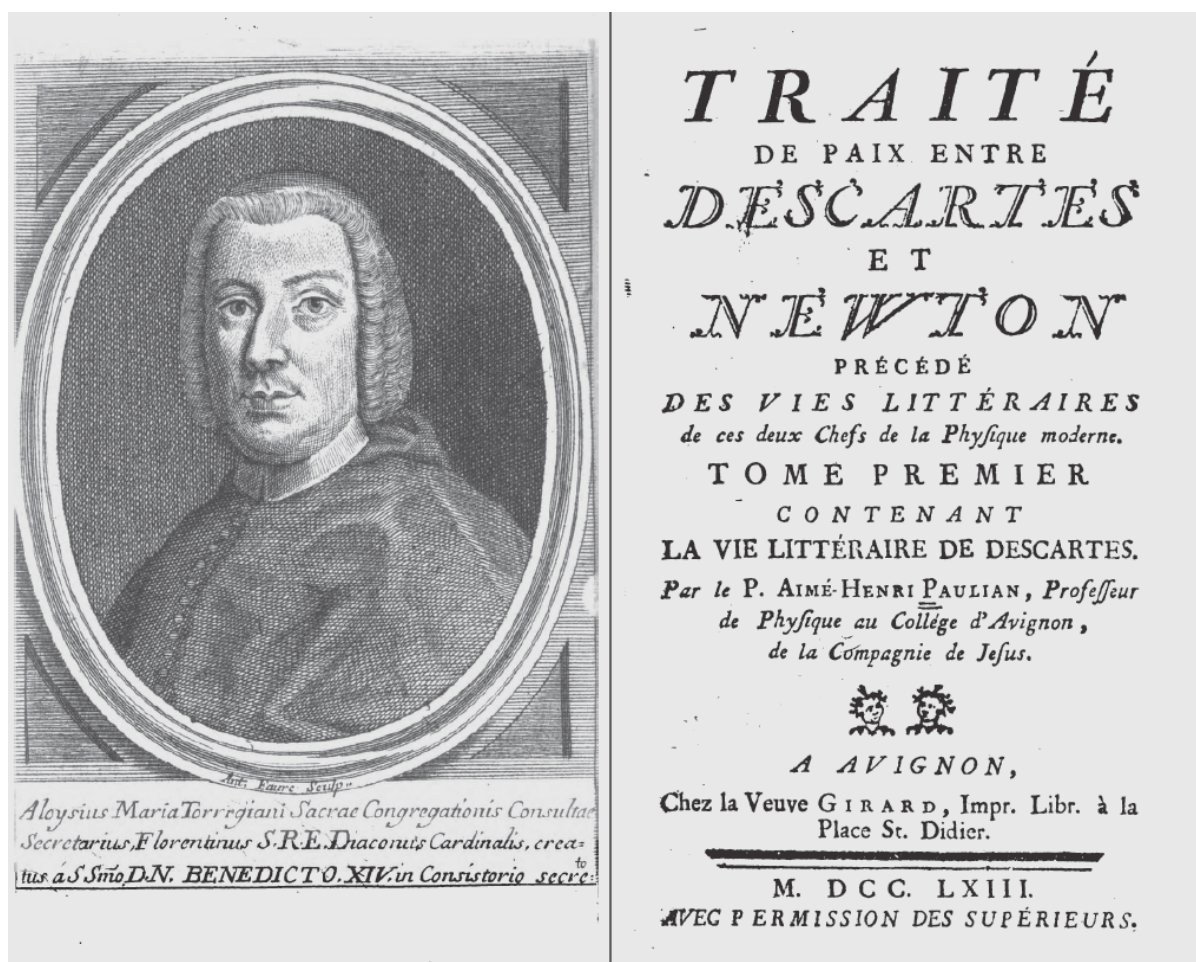
⁴⁹ L'ouvrage en question s'intitule, *Voyage du Monde de Descartes*. Il est publié en 1690.

conformes à l'expérience ; si non, on les rejettera». Paulian cite aussi l'ouvrage intitulé *Philosophia vetus & nova* du Père Duhamel, imprimé en 1678, qui, dit-il, n'est en rien comparable avec sa façon de procéder. Cependant, il dit estimer beaucoup cet auteur qui est pour lui: «*Un homme d'un vrai mérite ; & son cours de Philosophie vaut mieux que tous ceux qui ont paru jusqu'à aujourd'hui*». Paulian explique qu'il s'est beaucoup documenté pour composer son *Traité de paix entre Descartes et Newton* et qu'il a lu: «*Tout ce qui a paru de bon sur cette matière en latin & en françois, depuis Descartes jusques aujourd'hui*». Il conseille à ses lecteurs de bien lire les deux premiers volumes de l'ouvrage avant d'étudier la dernière partie dans laquelle il propose: «*Un système général de Philosophie que la Raison adopte, que la Méchanique étaye, que l'expérience confirme, & dans lequel il entre à peu près autant de Cartésianisme que de Newtonianisme*⁵⁰»⁵¹. Pour cela, il part du constat que, dans leurs ouvrages, Descartes et Newton «*ont avancé l'un & l'autre du faux, du probable, & du vrai*». Paulian explique alors sa manière de procéder pour traiter des connaissances approfondies dans les deux premiers tomes de l'ouvrage: «*Tout ce qui a été regardé comme faux dans les Vies littéraires de Descartes & de Newton, quelque amusant qu'il soit, n'aura aucune part à mon système mixte...Tout ce qui a été démontré vrai, en sera le fondement & la base...Pour ce qui a été décidé probable, je l'adopterai, ou je le rejetterai indifféremment, de quelque part qu'il me vienne, suivant les circonstances où je me trouverai*». Le troisième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton* est divisé en six parties. La première concerne la logique, la seconde traite de physique générale qu'il appelle «*Physique Newto-Cartésienne*», la troisième partie développe la physique céleste et la quatrième partie, la physique terrestre. Sur ces deux dernières parties, Paulian

⁵⁰ Sur le style de physique qu'emploie Paulian, Dinah Ribard explique: «*Comme son prédécesseur [le père Daniel] le faisant pour Aristote, le P. Paulian construit un parallèle qui maintient Descartes dans le présent*». (D. Ribard, *Raconter vivre penser, histoires des philosophes, 1650-1766*, 2003, p. 271-272, pour cette citation et la suivante). De plus, l'auteur met l'accent sur les convictions religieuses de Paulian qu'il ne faut pas négliger pour comprendre sa démarche: «*Cette volonté de présenter la pensée de Descartes comme toujours actuelle et pouvant servir à configurer la «physique systématique» à venir, apparemment curieuse de la part d'un newtonien, s'explique par l'autre dimension du livre du P. Paulian, qui se veut aussi une réfutation du déisme et du matérialisme*».

⁵¹ A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 3, pp. 2-4, pour cette citation et les suivantes.

remarque: «Si dans celle-là Newton est écouté comme un oracle, Descartes dans celle-ci sera souvent pour nous un Guide très assuré». Enfin, les parties cinq et six donnent «une idée de la véritable Métaphysique» et «les Préceptes de la plus saine Morale».



Page titre et frontispice ⁵² du *Traité de paix entre Descartes et Newton* de Paulian

Le *Journal des savants* publie un article sur le *Traité de paix entre Descartes et Newton* de Paulian en janvier 1765. Sur les deux tomes qui commencent l'ouvrage, le rédacteur explique: «Le premier volume est destiné à l'exposition des sentimens de Descartes, comme le second au développement des principes & des opinions de Newton. Cette matiere étant assez connue, nous ne nous y arrêtons pas, quoique nous pourrions remarquer que l'Auteur quelquefois n'expose, ni avec assez d'exactitude, ni avec assez

⁵² Celui-ci représente la personnalité à qui Paulian dédie l'ouvrage.

d'étendue, les idées des Philosophes qu'il prétend concilier»⁵³. Puis après avoir donné les grandes lignes du contenu du troisième tome de l'ouvrage, l'article conclut: «Nous sommes bien persuadés que les Cartésiens & les Newtoniens, loin de signer le *Traité de paix* proposé par l'Auteur, seront également mécontents des conditions qu'il leur prescrit. Cela n'empêche pas que nous regardions comme très-utile à de jeunes Physiciens la lecture de son ouvrage estimable sur-tout par la clarté avec laquelle les matières les plus compliquées y sont pour l'ordinaire exposées». Le *Journal de Trévoux* sort aussi un premier article sur l'ouvrage publié en janvier 1765. Après avoir commenté les contenus des deux premiers tomes, le rédacteur de l'article explique: «Ce compte rendu ne nous a point paru l'ouvrage d'un homme qui se dise Physicien, sans savoir seulement ce que c'est que la Physique. Nous n'y avons point reconnu un soi-disant Avocat général dans la cause du vuide & de l'attraction, qui prétend mettre le Public au fait d'un procès dont les pièces les plus fondamentales lui sont méconnues ; qui entreprend d'exposer les sentiments des Auteurs qu'il n'a jamais lûs»⁵⁴. Enfin, l'article du *Journal de Trévoux* conclut: «Le P. Paulian a lû avec des yeux intelligens & critiques les Ouvrages de Descartes & de Newton ; nous croyons qu'il a rendu un compte fidele & vrai des sentimens de ces deux celebres Philosophes».

Comme le dit lui-même Paulian, sa physique «Newto-Cartésienne» se trouve éparpillée dans l'ensemble du *Dictionnaire de physique* et il nous serait donc difficile de la rechercher dans cet ouvrage composé d'articles en tous genres. Par la suite, nous allons donc étudier le contenu du *Traité de paix entre Descartes et Newton* qui nous instruira sur les physiques de Descartes et de Newton puis enfin sur la physique très originale de Paulian. Remarquons aussi, avec les critiques du *Journal des savants* et des *Mémoires de Trévoux*, que la démarche de Paulian est bien accueillie, ce qui montre que l'ouvrage correspond bien à des préoccupations d'ordre scientifique à cette époque.

⁵³ *Journal des sçavans*, janvier 1765, t. 8, pp. 358-368.

⁵⁴ *Mémoires de Trévoux*, janvier 1765, pp. 121-123, pour cette citation et la suivante.

Chapitre 2 : La physique de Descartes d'après Paulian

Au début du premier volume, Paulian précise quel style d'écriture il choisit pour l'ensemble de son *Traité de paix entre Descartes et Newton*: «Ce sera par Lettres¹ que nous rendrons compte de ces ouvrages. Elles seront adressées à un jeune Chevalier qui n'est infatué du Cartésianisme, que parce qu'il n'a jamais lû Descartes dans Descartes. Les leçons fanatiques d'un Professeur enthousiaste, & la lecture de quelques ouvrages cartésiens² ont fait tout le mal»³. Il signale aussi que ces lettres sont établies à partir d'une ancienne correspondance avec un jeune cartésien: «Que le Lecteur ne regarde donc pas ce commerce épistolaire comme une fiction imaginée avec plaisir ; je puis assurer qu'il a été très-réel ; & tout ce que je souhaite, c'est que mes Lettres imprimées fassent sur l'esprit de tout Cartésien outré, l'impression qu'elles ont faite, encore manuscrites, sur l'esprit de notre jeune Chevalier». Enfin, il ajoute que ce premier tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton* se compose de cinq parties: «La première contiendra ses ouvrages de Physique, la seconde, ses ouvrages de Métaphysique, la troisième ses ouvrages de Physico-Métaphysiques, la quatrième ses ouvrages de Géométrie, & la cinquième ses ouvrages Physico-Géométriques»⁴. Cependant, notre étude ne se portera que sur les œuvres de Descartes en relation étroite avec la physique. En outre, remarquons que Paulian choisit de découper certains ouvrages de Descartes et d'éparpiller des fragments dans les cinq parties données précédemment. Cependant, afin de rendre notre commentaire plus compréhensible, nous choisirons de rassembler les contenus avant tout selon leur source, principalement le *Discours de la méthode* (1637) et les *Principes de la*

¹ Ce genre littéraire, sous la forme de conservations ou de correspondances, est très apprécié du grand public lettré et avide de connaissances en tous genres. Parmi les livres parlant de physique et utilisant ce genre littéraire, indiquons les deux ouvrages suivants: le *Spectacle de la nature* de l'abbé Pluche (9 vol., de 1732 à 1750) et l'*Origine ancienne de la physique nouvelle* du Père Regnault (3 vol., 1735)

² Paulian n'en dit pas plus sur ce type d'ouvrages cartésiens, ni ici, ni ailleurs... Nous pouvons tout de même nous référer à une biographie complète de Descartes intitulée *La Vie de M. Descartes* d'Adrien Baillet (2 vol., 1691).

³ A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 1, pp. 15-17, pour cette citation et la suivante.

⁴ *Ibid.*, p. 2.

philosophie (1647). Par la suite, nous préciserons toujours si les explications contenues dans l'ouvrage sont données par Paulian ou bien par son correspondant fictif (le chevalier) pour bien rendre compte de l'esprit de l'ouvrage. Enfin, précisons que notre but n'est pas de faire une étude exhaustive des ouvrages de Descartes mais de fournir la retranscription la plus fidèle de ce que dit Paulian sur ces œuvres ⁵.

1- *Le Discours de la méthode*

-Les Météores-

Dans le **premier discours** ⁶ du texte qu'il intitule *Les Météores* de son *Discours de la méthode* ⁷, Descartes donne son sentiment sur les corps terrestres «composés de

⁵ Signalons que nous procéderons parfois à des corrections ou des précisions dans quelques notes de bas de page.

⁶ A cet endroit Paulian regrette que le jeune chevalier soit dans l'ignorance des ouvrages de Descartes: «*Je ne vous ferai pas un procès de n'avoir pas encore lû sa Géométrie & son livre des Principes ; la lecture de l'une suppose des connoissances mathématiques supérieures à votre âge ; l'étude de l'autre demande une maturité d'esprit que vous n'aurez que dans quelques années. Mais ce que je vous pardonnerai avec peine, c'est de ne pas connoître ses ouvrages de Physique, je veux dire, ses Météores, sa Méchanique & son Traité de l'homme*». (*Ibid.*, pp. 16-28, pour cette citation et les suivantes.) Paulian lui propose donc d'entreprendre la lecture des ouvrages de physique de Descartes en débutant par son *Traité des Météores*, publié en 1637: «*Cet ouvrage contient dix discours. Le premier est sur la nature des corps terrestres ; le second, sur les vapeurs & les exhalaisons ; le troisième, sur le sel marin ; le quatrième, sur les vents ; le cinquième, sur les nues ; le sixième, sur les météores aqueux ; le septième, sur les météores ignées ; le huitième, sur l'arc-en-ciel ; le neuvième, sur les couleurs des nues, & le dixième, sur les parélies*». Paulian donne aussi son avis sur la qualité de chaque discours: «*Le premier & le dernier me paroissent médiocres ; le second & le troisième, assez mauvais ; les six autres, bons*». Dans sa réponse, le chevalier raille Paulian de lui avoir demandé de lire Descartes directement dans ses ouvrages car, dit-il: «*Apprenez à connoître une fois pour toutes le Siècle où vous vivez. Nous sommes charmés, il est vrai, de sçavoir quelque chose ; mais la plus légère teinture de Science nous suffit, & nous frémissons au seul nom d'étude assidue ; aussi ne nous en coute-t-il que la lecture de quelques extraits, ou quelque fois même, que la peine de parcourir les Tables des livres que nous avons dans nos cabinets*». Il invite donc Paulian à rédiger un court résumé des *Météores* de Descartes: «*Envoyer-m'en l'extrait avec beaucoup de précision & beaucoup de netteté ; je vous promets de faire honneur à votre travail*». Paulian exécute la demande et envoie un mémoire, dit-il, «*contenant ce qu'il y a de plus essentiel dans le Traité de Descartes sur les Météores*».

parties de différente figure & de différente grosseur»⁸. Les diverses parties des corps terrestres sont assemblées de sorte qu'il ne reste que quelques intervalles remplis «*d'une matière infiniment déliée*» que Descartes appelle matière subtile. Les propriétés des corps terrestres peuvent être expliquées par la forme et la disposition de leurs parties élémentaires ainsi que par l'action de la matière subtile: «*Les parties élémentaires de l'eau sont longues, unies, glissantes, à peu près comme des petites anguilles qui se joignent sans s'accrocher. Les parties de l'air & de la plupart des autres Corps ont des figures fort irrégulières, capables de s'entrelacer les unes avec les autres, à peu près comme les petites branches des arbrisseaux qui croissent ensemble la même haie. Ces parties se lient-elles de manière qu'il soit difficile de les séparer ? Elles forment les corps durs. Sont-elles simplement posées l'une sur l'autre, de sorte que le mouvement de la matière subtile puisse les agiter en tout sens ? Elles composent des Corps fluides*». Descartes précise les caractéristiques que possède la matière subtile: «*Plus agitée vers la surface de la Terre, que dans l'Athmosphère ; vers l'Equateur, que vers les Poles ; le jour, que la nuit ; l'été, que l'hyver*». De plus, la matière subtile est faite de parties différentes de sorte que: «*Les plus petites traversent les pores de quelques Corps que ce soit, & les plus grosses ne puissent pas s'introduire dans les Corps les plus denses & les plus pesans*». Cependant Paulian pense que Descartes n'aurait pas dû attribuer autant de caractéristiques à la matière subtile car, dit-il : «*Il n'est pas libre, lorsqu'il a occasion de faire pareilles excursions*».

Le **deuxième discours** de Descartes ne convient pas du tout à Paulian qui développe peu le sujet abordé: «*Dire que les Vapeurs sont formées de particules les plus subtiles de l'eau, que l'action extérieure du Soleil, & l'action intérieure de la matière subtile élèvent dans l'atmosphère terrestre ; ajouter que les exhalaisons viennent des parties déliées que le même mécanisme sépare des Corps terrestres ; c'est ramasser en deux phrases tout ce qu'il y a de passable dans ce second Discours*».

⁷ Remarquons que le «*Discours de la méthode*» de Descartes (1^{ère} éd. en 1637) est, en fait, la première partie de l'ouvrage qui a pour but introduire les traités scientifiques qui suivent: *Les Météores* et *La Dioptrique*.

⁸ *Ibid.*, pp. 29-65, pour cette citation et les suivantes.

Dans le **troisième discours**, explique Paulian, Descartes ne pense pas que le sel marin soit une substance distincte de l'eau: *«Il veut que le Sel ne soit autre chose que les plus grosses parties de l'eau de Mer»*. Bien que Paulian ne soit pas vraiment d'accord avec cela, il reconnaît que Descartes *«fournit cependant l'explication de la plupart des propriétés du sel»*. Dans ce troisième discours, le philosophe reprend une expérience permettant de geler de l'eau lorsqu'elle est placée (avec son récipient en verre) dans un mélange constitué de glace et de sel pilés. Descartes fournit une explication que Paulian trouve *«fausse & ennuyeuse»* et il préfère plutôt donner l'interprétation de M. de Mairan⁹: *«Le mélange de glace & de sel contient très-peu de matiere ignée, & il sert d'atmosphère à l'eau que l'on veut faire glacer: la matière ignée contenue dans cette eau doit donc, pour garder les règles de l'équilibre, sortir en grande partie par les pores du verre, entrer dans le mélange de glace & de sel, & procurer par son absence la congélation de l'eau renfermée dans la bouteille»*.

Paulian trouve le **quatrième discours** sur les causes physiques des vents très satisfaisant: *«Descartes, après avoir averti que le vent n'est qu'une agitation sensible de l'air, & après avoir fait remarquer que nous appellons air tout corps invisible & impalpable, assigne pour la cause générale des vents le mouvement des vapeurs qui, en se dilatant, passent d'un lieu plus étroit dans un lieu plus large où elles ont la commodité de s'étendre»*. Pour consolider cette explication, Descartes prend appui sur une expérience simple à réaliser où de la vapeur d'eau sortant par la petite ouverture d'un éolipyle *«excite un vent très sensible»*. Ainsi, il peut conclure, explique Paulian: *«Il en arrive à peu près de même sur la mer & sur la terre. L'action du soleil dilate plus, en certains endroits qu'en certains autres, les vapeurs que contient l'atmosphère terrestre ; & ces vapeurs dilatées présentent en grand ce que l'eau raréfiée dans l'éolipyle donne en petit»*. Descartes détaille ensuite son raisonnement en fonction des différents types de vents que nous rencontrons dans la nature, comme le vent d'occident ou d'orient, le vent du nord ou du midi, le vent chaud ou froid ou bien encore le vent humide ou sec. A cet endroit, Paulian remarque que Descartes se trompe lorsqu'il affirme que la lune peut jouer le même rôle que le soleil puisque, dit-il: *«L'expérience nous apprend que la lumière de la*

⁹ Dortous de Mairan écrit deux ouvrages sur le sujet: *Dissertation sur la glace* (nouvelle éd. en 1749) et *Dissertation sur la glace et les thermomètres* (1757).

pleine lune, rassemblée au foyer du meilleur miroir concave qui ait jamais paru, ne donne pas le moindre degré de chaleur».

Le **cinquième discours** porte sur les nues qui sont des vapeurs moins transparentes que l'air (le brouillard se formant si elles restent au niveau du sol). Descartes pense que ce phénomène atmosphérique est dû à la condensation des vapeurs. Les différentes parties peuvent alors se rapprocher pour s'assembler, soit en gouttes d'eau, soit en cristaux de glace. Paulian poursuit le résumé de ce discours sur la formation des nues dans lequel il n'y a, explique-t-il, que *«des choses ingénieuses, raisonnables & au moins possibles»*.

Dans le **sixième discours**, Descartes, regardant *«les nues très-élevées comme des vapeurs converties en petits glaçons, ou pour mieux dire, en une espèce de neige, & les nues moins élevées comme des vapeurs changées en gouttes d'eau»*, en déduit la manière dont se forment la pluie, la grêle et la neige¹⁰. Il donne aussi son sentiment sur les origines du serein¹¹ et de la rosée comme l'explique Paulian: *«Le serein vient, suivant Descartes, de certaines exhalaisons subtiles & pénétrantes, beaucoup plus fixes que les vapeurs ; ces exhalaisons s'élèvent dans les temps chauds, & retombent par leur gravité, lorsque le Soleil est depuis quelques temps sous l'horizon. Enfin Descartes veut que la Rosée ait pour cause la chute d'un Brouillard composé de gouttes d'eau»*. Cependant, Paulian n'est pas d'accord avec cette dernière explication car, pour lui: *«La Rosée ne tombe pas ; elle monte :c'est une vapeur très-subtile, élevée du sein de la Terre par la chaleur qui règne dans l'Atmosphère quelques tems avant le lever du Soleil, & qui va se rassembler en forme de goutte sur les herbes & sur les plantes»*. Pour s'en assurer, dit-il, il suffit de réaliser une simple expérience : *«En effet, exposez à la Rosée un Plat d'argent ; vous en trouverez la partie concave sèche & la partie convexe mouillée»*.

¹⁰ *«Les nues très-élevées, devenues plus pesantes que l'air où elles se trouvent, tombent-elles sans être tout-à-fait fondues en chemin ? Elles donnent de la Neige. Sont-elles fondues en chemin par quelques vents chauds ? elles donnent de la Pluie. Survient-il quelque vent froid qui les gèle de nouveau, après avoir été fondues ou presque fondues elles donnent de la Grêle»*. Ibid., p. 45.

¹¹ Le serein est une vapeur froide qui se fait sentir généralement au coucher du soleil.

Les météores ignés que sont l'éclair, le tonnerre et la foudre se produisent lors des tempêtes qui se forment dans certaines conditions précises qu'expose Descartes dans son **septième discours**: *«Quelquefois, dit-il, les nues s'abaissent si subitement, qu'elles chassent avec violence une grande partie de l'air qui se trouve sous elles ; & cet air chassé ne manque jamais de causer un vent considérable, suivi, pour l'ordinaire, d'une forte pluie. Si la nue qui descend est fort pesante & fort étendue, elle cause sur la terre & sur la mer une tempête effroyable»*. Une fois la tempête établie, des orages peuvent se manifester avec l'apparition d'éclairs, du tonnerre et de la foudre ayant pour causes *«la chute subite d'une nue sur l'autre»* et *«l'inflammation des exhalaisons nitreuses, sulphureuses, bitumineuses qui se trouvent, ou entre les deux nues, ou dans les deux nues qui se sont choquées»*. Selon Paulian, Descartes eut cette idée en entendant le vacarme que font parfois les chutes de neige en montagne. Le philosophe donne alors les différents effets que produisent les météores ignés. A cet endroit, Paulian fait remarquer que Descartes connaissait peu la machine électrique et il ajoute: *«Maintenant que nous sommes au fait de cette admirable machine, il faut changer de ton. En effet puisque le nuage qui porte le tonnerre, fait en grand tout ce que nous voyons faire en petit au meilleur globe de verre frotté par la main la plus sèche, l'on doit regarder comme constant ce qui suit»*. Descartes fournit les sept principes permettant d'expliquer les différents effets ayant lieu dans l'atmosphère¹². Pour Paulian, Descartes a eu raison d'exclure les comètes des phénomènes atmosphériques mais, dit-il: *«Il auroit dû examiner avec plus d'attention l'Aurore boréale ; il ne l'auroit jamais faite entrer dans la classe des Météores ignées»*. Il précise que la compréhension du phénomène revient à M. de

¹² «1°. La matière propre, l'âme pour ainsi dire du tonnerre, c'est le feu élémentaire ou électrique. 2°. Les exhalaisons sulphureuses, bitumineuses, salines sont les aliments sur lesquels agit cette matière. 3°. Les nuages qui portent le tonnerre sont des corps en partie électrisables par frottement, & en partie électrisables par communication. Leur partie aqueuse est électrisable par communication, & leur partie sulphureuse par frottement. 4°. Les parties sulphureuses des nuages qui portent le Tonnerre, reçoivent les frottements nécessaires pour s'électriser, lorsqu'elles montent dans l'Atmosphère en un tems où règnent des vents contraires. Ces vents les portent les unes contre les autres ; & ces différents chocs produisent le même effet que produit sur un globe de verre ou de souffre le frottement d'une main sèche. 5°. Les Eclairs ne sont autre chose qu'une infinité de bluettes qui sortent d'un nuage électrique. 6°. Le bruit du Tonnerre est causé par l'expulsion & la dilatation de l'air qui se trouve aux environs du nuage qui porte le Tonnerre. 7°. La rupture de ce même nuage produit la Foudre». Ibid., p. 50-51.

Mairan, lequel a su expliquer ses différents effets, *«lorsqu'on la fait dépendre de la chute de certaines couches de l'atmosphère solaire dans l'atmosphère terrestre»*.

Pour Paulian, le **huitième discours** est *«le plus sçavant des dix discours qui composent le Traité des Météores»* et il ajoute: *«Descartes trouve d'abord la cause de l'Arc-en-ciel dans la manière dont les rayons du Soleil sont réfractés & réfléchis par les gouttes d'eau qui forment le nuage sur lequel cet Arc est placé»*. Pour arriver à ce résultat, Descartes utilise une bouteille ronde en verre remplie d'eau pour obtenir les mêmes effets que produit une simple goutte de pluie exposée au rayon du soleil dans certaines conditions ¹³. Il conclut alors: *«L'arc-en-ciel intérieur étoit formé par des rayons du Soleil qui souffroient dans les gouttes d'eau répandues sur certains nuages, deux réfractions & une simple réflexion, & qui arrivoient à l'œil du spectateur sous des angles compris entre 42 & 40 degrés. Pour l'Arc-en-ciel extérieur, il est formé par les rayons du Soleil qui éprouvent dans de semblables gouttes d'eau deux réfractions & deux réflexions, & qui sont, avec l'axe de vision, des angles depuis 52 jusqu'à 54 degrés»*. Cependant, Paulian avertit que cette découverte avait déjà été faite auparavant par De Dominis qui l'avait exposée dans son livre, *De radiis visûs & lucis*, écrit en 1591 et publié en 1611 ¹⁴, soit bien avant le *Traité des Météores* dont la parution date de 1637. De plus, les explications données par Descartes concernant la place qu'occupent les couleurs dans les arcs intérieurs et supérieurs ne conviennent pas du tout à Paulian car, pour en arriver là, le savant *«suppose que le même rayon de lumière poussé vers nos yeux tantôt avec plus, tantôt avec moins de force, change nécessairement de couleur»*. A propos du système de

¹³ Remarquons que Descartes n'a pas pu réaliser cette expérience comme il l'affirme. Sur ce point, Bernard Maitte précise: *«Descartes dit alors effectuer des expériences...qui sont d'évidence théoriques: pour les effectuer, il faudrait d'abord connaître avec précision la marche des rayons dans la sphère et non l'inverse. Puisque Descartes a en sa possession la loi exacte de la réfraction, il peut construire avec précision les rayons réfractés et réfléchis...sans avoir recours à l'expérimentation réelle»*. B. Maitte, *Histoire de l'arc-en-ciel*, 2005, p. 144.

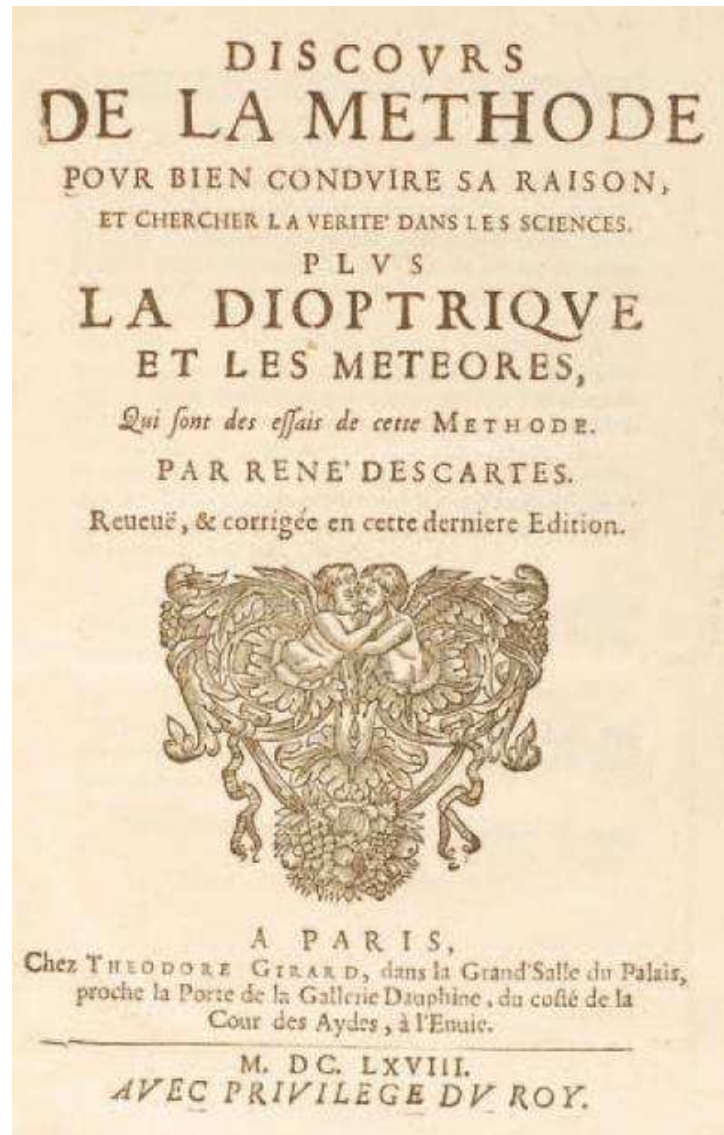
¹⁴ Signalons que cette affirmation de Paulian est erronée. Il est vrai que De Dominis propose une explication au phénomène mais celle-ci comporte de nombreuses lacunes comme l'explique Bernard Maitte: *«A propos de l'arc-en-ciel, De Dominis rejette l'idée qu'il puisse être engendré par la seule réflexion ou la seule réfraction: les rayons solaires, divergents, sont réfractés à l'entrée de chaque goutte de pluie puis sont ou transmis ou réfléchis sur la surface arrière...Ceux-ci ressortent, sans réfraction, par l'avant de la goutte et viennent à l'observateur quand l'incidence est de 42°...»*. B. Maitte, *Histoire de l'arc-en-ciel*, 2005, p. 125.

Descartes sur la formation des couleurs, Paulian en vient à une objection faite par un jeune jésuite qui ne comprenait pas pourquoi les corps pouvaient garder constamment la même couleur: *«Si telle & telle couleur, disoit-il, dépend de tel & tel mouvement, tel & tel tournoiement imprimé aux globules du second élément ; comment peut-il se faire qu'un habit rouge paroisse tel, placé successivement vis-à-vis un habit rouge, jaune, verd, bleu, &c. ? Les globules lumineux réfléchis par ces différens habits ne doivent-ils pas se croiser, avant que d'arriver à l'œil du Spectateur ; se choquer au milieu de leur course, & perdre une grande partie du mouvement qu'ils avoient, lorsqu'ils venoient d'être réfléchis par la surface colorée ? Cet habit rouge doit donc changer autant de fois de couleur, que la lumière qu'il renvoie change de mouvement ; & comme cette lumière change autant de fois de mouvement, qu'elle éprouve en son chemin de chocs différens, il s'ensuit que dans le Système cartésien les corps ne devraient pas conserver constamment leur couleur»*. Cependant, Paulian ne donne pas la réponse de Descartes à cette objection car, dit-il: *«Je l'ai lue trois à quatre fois, & j'avoue que je ne l'ai pas comprise ; aussi me sens-je incapable de la rapporter»*.

Paulian sépare le **neuvième discours** en deux parties. La première est, pour lui, insoutenable, puisque pour expliquer la coloration des nues, Descartes se sert une fois de plus de sa théorie des couleurs: *«Descartes, persuadé que la lumière est un corps homogène, & que le même rayon différemment ou réfracté ou réfléchi peut produire différentes couleurs, ne dit rien de bon sur celles que les nues offrent à nos yeux»*. Dans la deuxième partie du discours, Descartes aborde le cas des couronnes qui apparaissent parfois autour du soleil ou de la lune. Cette fois, Paulian trouve que l'explication du phénomène est plausible: *«Il assure qu'il se trouve alors, entre ces astres & nous, un nuage convexo-convexe, composé de petits glaçons inclinés entre eux, lequel, après avoir réfracté les rayons de lumière, les rassemble dans notre œil sous des angles à peu près égaux»*.

Dans le **dixième discours**, Descartes aborde le cas des parélies et des parasélènes, phénomènes rares où des tâches lumineuses apparaissent de part et d'autre du soleil, pour les premières, et de la lune, pour les secondes. L'explication qu'en donne Descartes est

très simple: les rayons des astres sont réfléchis jusqu'à nos yeux par «*divers nuages épais & glacés*», tels de grands miroirs suspendus dans le ciel.



Page titre du *Discours de la méthode* de Descartes

-La Dioptrique-

Paulian résume les idées essentielles à retenir dans le **premier discours** de *La Dioptrique*: «Rappelez-vous, mon cher Chevalier, qu'il est l'ennemi le plus irréconciliable du vuide ; qu'il regarde la lumière comme homogène ; qu'il la veut globuleuse ; que, riant de ceux qui font venir du Soleil à nos yeux, il nous la dépeint comme tellement poussée & pressée par cet Astre, que ce mouvement se communique dans un instant, je ne dis pas du Soleil, mais des Etoiles à nous»¹⁵. De plus, Paulian remarque que «ces Principes, faux pour la plupart, lui servent à expliquer l'action de la lumière, de la manière la plus sensible». Ainsi, Descartes compare la lumière avec le bâton de l'aveugle qui permet de reconnaître les objets qui l'entourent. Pour lui: «[la lumière] n'est, de la part des corps lumineux, qu'un mouvement prompt, une action tout-à-fait vive qui se communique, jusqu'à nos yeux, par le moyen de certains globules rangés en ligne droite, à peu près comme le mouvement ou la résistance des corps que rencontre notre aveugle, passe jusqu'à sa main par l'entremise de son bâton». De même, afin d'expliquer pourquoi les corps transparents ne font pas obstacle à la lumière, Descartes procède à une nouvelle comparaison que développe Paulian: «Représentez-vous, dit-il, une cuve pleine de raisins à demi foulés, au fond de laquelle on ait fait un ou deux trous. Représentez-vous encore tous les corps de l'univers comme percés d'une infinité de pores, les uns plus grands, les autres plus petits. Représentez-vous enfin ces pores comme remplis d'une matière infiniment fluide & infiniment déliée, qui s'étende depuis les astres jusqu'à nous. Le vin de la cuve qui tend à s'écouler par les trous inférieurs, c'est-là précisément ma matière lumineuse ; elle rencontre dans l'air & dans les corps transparens, à peu près les mêmes obstacles qu'opposent à l'écoulement du vin les grappes de raisin à demi foulées. Ouvrez les trous du fond de la cuve ; vous verrez tout le vin s'écouler, malgré la résistance des grappes, & malgré les mouvemens différens qu'elles reçoivent de la part de ceux qui foulent le raisin. Il en est de même, continue Descartes, de la lumière qui nous éclaire. Les particules lumineuses qui touchent l'hémisphère du soleil tourné vers nous, tendent en ligne droite vers nos yeux. A peine sont-ils ouverts, qu'elles font impression sur notre rétine, malgré les corps transparens

¹⁵ *Ibid.*, pp. 325-346, pour cette citation et les suivantes.

*qu'elles rencontrent sur leur chemin, soit que ces corps soient au repos comme le verre & le cristal, soit qu'ils soient dans un mouvement presque continu, comme l'air*¹⁶».

Le **second discours** contenu dans *La Dioptrique* traite de la réflexion et de la réfraction de la lumière. Pour Paulian, Descartes «*donne très-bien les règles de l'une & de l'autre, mais il explique très mal les causes*». Pour comprendre le phénomène de la réflexion de la lumière, Descartes prend l'exemple d'une balle jetée obliquement sur «*un plan immobile & poli*» ; tout comme la balle, la lumière «*se relève de telle sorte qu'elle forme un angle de réflexion exactement égal à celui d'incidence*». Cependant, Paulian ne comprend pas les explications données et il ajoute: «*Si vous êtes curieux de ce morceau de sa Dioptrique, je vous le rapporterai très-fidèlement, en vous rendant compte des objections que les Sçavants de ce tems-là lui proposèrent contre sa manière d'expliquer la réflexion de la lumière*». Paulian complète cette partie sur la réflexion de la lumière en donnant sa propre explication. Il reprend la comparaison de Descartes avec la balle arrivant de façon oblique sur le plan. Cette balle possède alors un mouvement horizontal et un mouvement vertical. En heurtant le plan, elle perd son mouvement perpendiculaire: «*Aussi la verroit-on après le choc rouler simplement sur le pavé BE [segment appartenant au plan], si elle n'avoit aucun degré d'élasticité...Le ressort, quelle qu'en soit la cause, redonne à la balle A son ancienne figure ; & en la lui redonnant, il lui rend le mouvement perpendiculaire qu'elle avoit perdu*». Paulian donne les grandes lignes de la pensée de Descartes concernant la réfraction de la lumière: «*Les règles que donne Descartes, lorsqu'il parle de la réfraction de la lumière, sont aussi très-justes. Il nous avertit qu'un rayon de lumière se réfracte en s'approchant de la ligne perpendiculaire, lorsqu'il passe obliquement d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense. Il ajoute qu'il se réfracte en s'éloignant de la ligne perpendiculaire, lorsque ce passage se fait*

¹⁶ Signalons qu'à cet endroit de *La Dioptrique*, Descartes donne l'explication des couleurs que Paulian ne mentionne pas dans son résumé. Sur ce point de physique, Bernard Maitte explique: «*Descartes imagine que les particules de matière subtile rencontrant une surface se mettent à tourner comme le fait une balle de ping-pong «liftée» ; si le tournoiement est faible le rouge (moins dévié) est obtenu, s'il est fort le bleu est créé...: selon cette explication, les couleurs ne composent pas la lumière incidente mais sont dues à l'action mécanique des surfaces*». B. Maitte, *La lumière*, 1981, p. 84.

d'un milieu plus dense dans un milieu plus rare¹⁷. Il remarque enfin que les corps solides, par exemple, les bâles d'ivoire, de plomb &c., gardent, dans leurs réfractions des loix directement opposées». Cependant, Paulian ajoute: «Ne demandons pas à Descartes, mon cher chevalier, les causes physiques de ces phénomènes ; il paroît les avoir ignorées ; j'aurai de vous le prouver dans la suite». Pour l'instant, Paulian ne souhaite pas encore développer ses idées sur la réfraction qui lui demanderait alors d'introduire le concept d'attraction, précisant au passage que, pour lui, l'attraction est une «qualité générale des corps», à ne surtout pas confondre avec «les qualités occultes de l'ancienne Ecole».

Dans **les troisième et quatrième discours** de *La Dioptrique*, Descartes commence par la description de l'œil et parle de la vision: «Il regardoit déjà la rétine comme l'unique organe de la vûe. Il sçavoit que les rayons de lumière, après avoir souffert trois réfractions dans les trois humeurs de l'œil, alloient se réunir sur la rétine, pour y dessiner une image renversée de l'objet». Dans le **cinquième discours**, Descartes fait une nouvelle comparaison en prenant une «chambre noire» où une lentille convergente est disposée à l'ouverture. Ainsi, Descartes compare la chambre avec l'œil, le trou avec la «prunelle», la lentille avec le cristallin «ou plutôt toutes les parties de l'œil qui causent la réfraction de la lumière», et enfin la surface de la chambre où s'imprime l'image avec la rétine. Dans le **sixième discours**, Descartes énonce les règles permettant de «juger à peu près de la distance des objets» et il donne les causes des illusions d'optique.

Sur les discours précédents qu'il considère comme «la partie optique de la Dioptrique de Descartes», Paulian précise: «Je suis charmé de vous faire remarquer que nous donnons encore les mêmes règles dans nos *Traité d'optique*. Le vrai est immuable ; & si les deux premiers discours avoient été dans le gout des quatre dont je viens de vous rendre compte presque en même-tems, la seule faute qu'on auroit pû reprocher à Descartes, ç'auroit été d'avoir assuré que la peinture des images des objets extérieures se faisoit sur la glande pinéale, après s'être faite sur la rétine». Ainsi, une grande partie de

¹⁷ Notons qu'à cet endroit du texte, Descartes donne sa loi de réfraction qui n'était pas connue avant lui. Le hollandais Snell l'avait découverte quelques années auparavant mais n'avait rien publié... Pour en savoir davantage sur ce sujet, lire: B. Maitte, *La lumière*, 1981, pp. 70-71.

la Dioptrique de Descartes convient tout à fait à Paulian: *«Vous voyez que je ne suis pas aussi Anti-cartésien, que vous l'étiez d'abord imaginé. Je ne cherche que la vérité. L'enthousiasme n'entra jamais dans mon caractère. Je le regarde comme un des plus grands obstacles à l'avancement des sciences ; & je suis réellement fâché que vous y soyez porté en faveur de Descartes. Par malheur ce qui me reste encore à vous dire, ne servira qu'à vous attacher d'avantage à votre Héros».*

Dans le **septième discours**, Descartes donne les moyens de perfectionner la vue: *«Ceux que nous appelons Presbites, tels que sont la plupart des vieillards, ne voient distinctement, dit-il, que les objets éloignés. Les Myopes, ou ceux qui ont la vûe courte ne voient bien que des objets qu'ils ont presque sous les yeux».* Il en donne la raison et précise alors les types de lentilles qu'il faut utiliser pour chaque cas: *«Avec l'âge le cristallin s'applatit & perd presque toute sa convexité. Les rayons de lumière passant à travers des lunettes convexes, s'y réfractent comme dans un cristallin ordinaire...Pour les Myopes, le grand défaut de leur cristallin est d'être trop convexe, & par conséquent de réunir presque tout de suite les rayons de lumière qu'il a réfractés. Ces personnes ont donc souvent besoin d'un verre concave qui retarde cette réunion».* Puis, il s'étend encore sur les lunettes constituées de deux lentilles, concave et convexe, permettant à tous de voir au loin.

Paulian commente aussi les **discours huit, neuf et dix** qui termine *La Dioptrique* dans lesquels Descartes détermine *«la figure que doivent avoir les verres à lunette, la manière de s'en servir, & la façon de les tailler».* Descartes voulait faire usage de verres elliptiques et hyperboliques mais Paulian précise: *«La figure du verre convexe ne contribue presque en rien à l'étendue de son foyer ; c'est la différente réfrangibilité des rayons qui fait tout le mal».* Il remarque qu'à l'époque de Descartes, la lumière était perçue comme un corps homogène, conception rejetée depuis lors puisque, dit-il: *«La lumière est un corps hétérogène, composé de sept rayons essentiellement différens ; ce sont les rayons rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo & violet. Il est encore décidé que chacun de ces rayons a un tel degré de réfrangibilité».* Il ajoute alors: *«Cela supposé, voici comment je raisonne. Tout verre convexe, à quelque courbe qu'il appartienne, réunit plutôt les rayons les plus réfrangibles, que les rayons qui le sont le moins. Il*

s'ensuit évidemment de-là, mon cher Chevalier, que tout verre convexe doit avoir un foyer d'une étendue sensible. Newton a trouvé qu'elle occupe environ la 27 partie de la distance qu'il y a entre la lentille & le centre de son foyer. Donc tout ce que nous dit Descartes sur la bonté des verres elliptiques & hyperboliques n'est presque d'aucune utilité pour la pratique». Paulian peut alors conclure: «Le travail de Descartes dans les trois derniers discours de sa Dioptrique, a été un travail presque perdu...Voilà ce que c'est que de partir en Physique d'un faux principe».

2- Principes de la philosophie

-Deuxième partie-

Paulian commente la deuxième partie des *Principes de la philosophie*¹⁸ de Descartes où le savant explique que sa **mécanique générale** est tirée d'un seul et même principe relatif à la quantité de mouvement: «Descartes, persuadé sans raison qu'il y a actuellement, qu'il y a toujours eu, & qu'il y aura toujours dans le monde la même quantité de mouvement, donna des règles qu'il appliqua indifféremment à toutes sortes de corps durs, élastiques & non élastiques»¹⁹. A partir de ce postulat fondamental, Descartes détermine en tout six règles de mouvement que doivent suivre les corps durs qui s'entrechoquent: «1°. Deux corps égaux en masse & en vitesse se meuvent-ils en ligne droite l'un contre l'autre ? Ils se choqueront, & après le choc ils rejailliront vers l'endroit d'où ils viennent, avec la même quantité de mouvement qu'ils avoient avant le choc. 2°. Si deux corps égaux en vitesse, l'un étoit tant soit peu plus gros que l'autre, le moindre réjailliroit seul, & ils iroient tous deux après le choc dans la direction du plus gros. Il en arriveroit de même si ces deux corps étoient égaux en masse, & que l'un eut tant soit peu plus de vitesse que l'autre ; ce dernier réjailliroit seul. 3°. Si le corps A en mouvement va choquer le corps B en repos, & que celui-ci soit tant soit peu plus gros que celui-là ; quelque vitesse qu'ait le corps A, il n'aura pas la force de le mettre en

¹⁸ R. Descartes, *Les Principes de la philosophie*, 4^{ème} éd. (corrigée par Clerselier), 1681. Notons que la première partie de l'ouvrage traite de sujets métaphysiques.

¹⁹ *Ibid.*, pp. 69-72, pour cette citation et les suivantes.

mouvement, & il sera contraint de rejaillir vers l'endroit d'où il vient. 4°. Si le corps A en mouvement va choquer le corps B en repos, & que celui-ci soit tant soit peu moindre que celui-là ; quelque peu de vitesse qu'ait le corps A, il le mettra en mouvement, & la communication de la vitesse se fera en raison de la masse choquée. 5°. Si le corps A en mouvement va choquer le corps B en repos, & que celui-ci lui soit égal en masse ; le corps A communiquera au corps B le quart de sa vitesse, & il rejaillera avec les trois quarts. 6°. Si le corps A en mouvement va choquer le corps B en repos, & dans la même direction que lui ; le corps A tantôt rejaillit & tantôt ne rejaillit pas. Il rejaillit, lorsque l'excès de masse du corps B sur le corps A égale ou surpasse l'excès de vitesse du corps A sur le corps B. Il ne rejaillit pas, lorsque l'excès de masse du corps B sur le corps A est moindre que l'excès de vitesse du corps A sur le corps B». Si ces règles ne sont pas observées dans la nature, Descartes pense alors: «C'est qu'elles supposent les corps choquans & choqués parfaitement durs, & tellement isolés, qu'il n'y en ait aucun autour d'eux qui puisse aider ou empêcher leur mouvement». Cependant, Paulian voit là un «subterfuge»: «Descartes n'a pas eu le plaisir de voir ses règles adoptées purement & simplement par aucun Physicien. Je n'en suis pas surpris, mon cher Chevalier ; il n'en est aucune qui, prise à la lettre, ne vous jettât dans les calculs les plus défectueux». Paulian avertit qu'aucune de ces règles n'est toujours vraie: «La première est fausse, lorsqu'il s'agit de deux corps durs non élastiques, & la seconde l'est, lorsqu'il est question de deux corps durs élastiques. La troisième règle ne se vérifie dans aucun cas ; & tout ce que contient de vrai la quatrième, c'est cette maxime : la communication de la vitesse se fait en raison de la masse choquée. La cinquième règle est de la nature de la troisième, c'est-à-dire, qu'elle est fausse dans tous les cas. Enfin la sixième est plus souvent fausse que vraie». Enfin, il signale que le jugement qu'il porte sur les règles du mouvement de Descartes ne vient pas seulement du rang des newtoniens mais aussi de celui des cartésiens et il ajoute: «Nous lui avons cependant obligation de les avoir cherchées ; il a donné par-là, occasion aux Physiciens qui sont venus après lui, d'en trouver de véritables».

Afin de conclure à l'**impossibilité du vide** et à la **nécessité du plein**, explique le chevalier²⁰, Descartes raisonne de la sorte: *«Que prétendons-nous dire, lorsque nous assurons qu'un tel espace est vuide? Prétendons-nous insinuer qu'il ne s'y trouve absolument aucun corps? Point du tout, nous sommes persuadés du contraire; nous disons seulement qu'il n'y a pas dans ce lieu les corps qui devraient naturellement s'y trouver»*²¹. Descartes prend alors l'exemple d'une cruche d'eau que nous regardons souvent comme étant vide lorsqu'elle ne contient plus d'eau, alors qu'elle est pourtant remplie d'air. Il pousse alors plus loin sa réflexion: *«Il n'est dans l'Univers aucun espace où l'on ait droit d'admettre le moindre vuide; pourquoi? Parce que les corps ne sont pas distingués de l'étendue, & que l'étendue se trouvant dans tout espace, il est impossible de concevoir la moindre partie de l'espace, sans y concevoir un corps. La conséquence naturelle qui suit de ce principe, c'est que Dieu, tout-puissant qu'il est, ne pourroit pas anéantir les corps que contient une chambre, & laisser les murailles à la place où elles sont»*. Penser le contraire serait, pour Descartes, *«adopter la contradiction la plus manifeste»* et donc pour lui: *«Si Dieu vouloit anéantir tous les corps que contient la chambre, il faudroit nécessaire que les quatre murailles s'approchassent tellement les unes des autres, qu'elles se touchassent dans tous leurs points»*. Le chevalier finit cette partie en expliquant que ce principe est toujours d'actualité et qu'aujourd'hui encore les cartésiens n'admettent aucun vide dans un corps raréfié, lui préférant *«une matière étrangère qui s'insinue dans ce corps»*.

Sur ce qui précède, Paulian explique: *«L'étendue, essence de la matière existante, seroit une étendue réelle, physique & créée; celle, dont parle Descartes, est éternelle, infinie, & incréée, ou mieux dire, incréable. Elle est éternelle, puisqu'on conçoit l'espace qu'occupe ce monde, comme ayant été de toute éternité. Elle est infinie, puisque nous ne mettons aucune borne à ce que nous appelons espaces imaginaires; donc ou la matière est infinie & éternelle, ou son essence ne consiste pas dans l'étendue dont parle Descartes»*. Souhaitant démontrer que le vide est plausible, Paulian reprend l'un des arguments de Descartes qui lui permettrait d'en écarter toute possibilité: *«Dieu, tout*

²⁰ Ici, c'est au tour du chevalier de commenter l'œuvre de Descartes, Paulian ajoutant alors des compléments sur des points qu'il juge important d'approfondir.

²¹ *Ibid.*, pp. 220-236, pour cette citation et les suivantes.

puissant qu'il est, ne pourroit pas anéantir tous les corps que contient une chambre, & laisser les murailles à la place où elles sont». Cependant, il relève deux contradictions dans le raisonnement de Descartes, la première étant : *«Dieu seroit donc tout-puissant, & il ne le serait pas. Il seroit tout-puissant, puisqu'il est Dieu ; il ne seroit pas tout-puissant, puisqu'il ne pourroit pas conserver quatre murailles à leur place*». La seconde contradiction se présente ainsi: *«Si l'étendue idéale dont parle Descartes, est un vrai corps, c'est un être créé & non crée ; crée comme corps ; non créé, comme incapable d'être anéanti*». Paulian pense donc avoir démontré que le vide pouvait exister et il ajoute: *«Y en a-t-il dans la nature ? Voilà ce que nous examinons dans la suite*».

Concernant les **lois de la nature**, le chevalier explique: *«Ce fut en méditant sur l'immutabilité de Dieu que Descartes comprit que le Créateur devoit avoir soumis l'Univers aux lois suivantes*». Il énonce les trois lois fondamentales suivantes: *«Tout corps persévère, autant qu'il est en lui, dans l'état où il se trouve ; & s'il vient à changer, c'est toujours à une cause extrinsèque qu'il faut attribuer ce changement. Tout corps en mouvement tend à décrire une ligne droite. Il y a actuellement, il y a toujours eu, & il y aura toujours dans le monde la même quantité de mouvement*». Chacune d'entre elles fournit plusieurs conséquences²² et la troisième loi peut être regardée, signale le chevalier, *«comme la plus féconde en conséquences*». De plus, c'est grâce à cette dernière loi que Descartes établit *«la plupart des règles du mouvement*». Sur cette partie, Paulian explique: *«Nous admettons en Physique, comme autant de Principes incontestables, non seulement ses deux premières loix générales, mais encore toutes les conséquences qu'il en tire*». Cependant, dit-il: *«Il n'en est pas ainsi de sa troisième loi. Fausse en elle-même, elle a conduit Descartes à une foule d'erreurs*». De plus, Paulian regrette que Descartes utilise l'immutabilité de Dieu dans son raisonnement et il ajoute: *«Nous avons*

²² La conséquence principale tirée de la deuxième loi est l'existence de la force centrifuge des corps: *«Tout corps qui décrit une courbe, tend, à chaque instant de son mouvement, à s'échapper par la ligne droite à laquelle les Géomètres ont donnée le nom de tangente. La ligne que parcourt la pierre qui s'échappe d'une fronde que l'on fait tourner circulairement, lui sert en même tems & d'exemple & de preuve de cette vérité*». (Ibid., p. 225, pour cette citation et la suivante.) Enfin, Descartes énonce trois conséquences principales associées à la première loi: *«Un corps en mouvement tend à se mouvoir éternellement. Aucun corps ne tend au repos plutôt qu'au mouvement, ni au mouvement plutôt qu'au repos. La cause du mouvement continué est la même, que celle du mouvement primitivement imprimé*».

aujourd'hui recours à l'inactivité de la matière, ou à l'indifférence qu'à tout corps au repos, ou au mouvement²³».

Le chevalier donne le sentiment de Descartes sur la **cause de la dureté**: «*Suivant ce Philosophe, le repos respectif des parties d'un corps, les unes à l'égard des autres, doit être regardé comme l'unique cause de la dureté*». Et s'il est extrêmement difficile de séparer, avec les mains, les différentes parties d'un corps très dur, ce n'est que, pense Descartes: «*Parce que nos mains étant fort molles, toutes les parties dont elles sont composées, n'agissent pas ensemble contre le corps que nous voulons séparer*». Le chevalier n'est pas du tout convaincu par cet argument et déclare: «*Je vous l'avoue, Monsieur, voilà ce qui s'appelle répondre pour répondre, & non pas pour satisfaire son lecteur*». A propos de la **fluidité des corps**, «*Descartes la fait consister dans le mouvement en tout sens qui règne au moins dans les parties insensibles des corps fluides*». Pour preuve, Descartes prend l'exemple de l'eau et de l'air dans lesquels la plupart des corps sont dissous.

Sur ces sujets de physique, Paulian pense que Descartes confond l'effet et la cause lorsqu'il explique la dureté et la fluidité des corps. Concernant la dureté des corps, Paulian raisonne ainsi: «*Les parties sensibles des corps durs, très propres à s'accrocher les unes sur les autres, ou à se coller les unes contre les autres, sont fortement comprimées par un fluide extérieur, à peu près comme le sont par l'air que nous respirons, les deux hémisphères concaves de la Machine de Magdebourg ; & c'est là la véritable cause de la dureté*». Cependant ce fluide extérieur n'est pas seulement constitué d'air, il y a aussi, dit-il, «*un fluide beaucoup plus délié que lui, puisque les corps conservent leur dureté dans le récipient de la Machine Pnéumatique, la plus parfaite que l'on puisse imaginer*». A propos du «*mouvement en tout sens des parties insensibles des corps fluides*», Paulian en donne «*pour cause physique les particules ignées dont ces sortes de corps sont comme compénétrés*». Ainsi pour lui, cela explique pourquoi «*l'eau glacée ne manque jamais de reprendre sa fluidité, lorsqu'on l'expose ou à un soleil ardent, ou à un feu considérable*». De plus, Paulian remarque que de nombreux physiciens modernes supposent que la fluidité des corps est liée à la matière électrique.

²³ Ici, Paulian ne donne aucune référence sur ce principe.

Une expérience simple permet de croire en cette hypothèse : *«Ils [les physiciens modernes] remplissent de la même eau deux vases parfaitement égaux entre eux. Ils électrisent l'un, & ils laissent l'autre sans être électrisé. Ils les vident tous les deux avec le même siphon, & ils voyent qu'il faut un tems beaucoup moins considérable pour vider le vase électrisée, que pour vider celui qui ne l'est pas»*. Pour Paulian, il serait bien possible que la matière électrique soit la cause de la fluidité d'autant que, remarque-t-il, *«la matière électrique est un vrai feu»*.

LES PRINCIPES
DE LA
PHILOSOPHIE.

Escrits en Latin,

Par RENE' DESCARTES.

Et traduits en François par vn de ses Amis.

Reueus & corrigez, en cette derniere Edition.



A PARIS,

Chez THEOPHILE GRAND, dans la Grand'Salle du Palais,
proche la porte de la Gallerie Dauphine, du costé
de la Cour des Aydes, à l'Envie.

M. DC. LXVIII.
AVEC PRIVILEGE DV ROY.

Page titre des *Principes de la philosophie* de Descartes

-Troisième partie-

Dans la troisième partie du livre des *Principes*, le chevalier nous présente tout d'abord «*le tableau général du ciel*» avant de donner son sentiment sur les **tourbillons de Descartes**: «*Je les aime à la folie ; j'en fais l'aveu, mon cher Monsieur, & je ne pardonnerai jamais à Newton d'avoir écrit contre une idée neuve, si simple, si ingénieuse & si vrai semblable. J'espère vous faire convenir que j'ai raison, si vous voulez prendre la peine de suivre quelques moments Descartes dans sa marche ; je ne vois rien de plus naturel, que les principes qu'il pose, depuis l'article 46 jusqu'à l'article 54 de la troisième Partie de son livre*»²⁴. Ainsi, pour Descartes, la matière, à l'origine, s'est divisée en trois types d'éléments primordiaux: «*Le premier est formé par la matière subtile ; le second par les corps sphériques, ou la matière globuleuse, & le troisième par la matière irrégulière*». Ces éléments produisent alors les tourbillons simples: «*Imprimez à une certaine quantité de cette matière ainsi divisée, un mouvement autour d'un centre commun ; vous verrez le troisième élément, comme le plus massif, gagner la circonférence du tourbillon ; le premier, comme le plus délié, se rendre à son centre ; & le second, comme inférieur en masse au troisième, & supérieur au premier, se trouver au milieu du tourbillon. Telles sont les loix de la plus exacte Méchanique*». Le chevalier signale que Malebranche modifie quelque peu les choses en remplaçant «*les globules du second élément en autant de petits tourbillons dont chaque partie tournera en même tems autour de son centre particulier, & d'un centre commun*»²⁵. Ainsi après avoir décrit ce système, parfaitement cohérent à ses yeux, le chevalier déclare: «*Je vous le répète, mon cher Monsieur, je ne vois rien de mieux que cette idée, & je sçais très mauvais gré à Newton d'avoir voulu y substituer sa pesante & inintelligible attraction*».

Sur les explications de Descartes concernant la **formation des étoiles**, le chevalier précise: «*Il y a, dit ce Philosophe, un nombre innombrable de tourbillons ; & il n'en est aucun qui n'ait à son centre une très grande quantité de matière subtile en mouvement. Chaque tourbillon a donc en son centre un corps lumineux*». Pour ce qui est de la

²⁴ *Ibid.*, pp. 237-249, pour cette citation et les suivantes.

²⁵ Malebranche effectue cette modification dans son ouvrage intitulé, *De la recherche de la vérité* (4 vol. en 1712).

formation des planètes, le tout début ne diffère en rien de ce qui a été dit précédemment pour les étoiles mais, par la suite, *«la matière du premier élément [la matière subtile] n'a pas pu se rassembler au centre de chaque tourbillon, sans y emmener avec elle plus ou moins de matière irrégulière [matière du troisième élément]»*. A partir de là, d'après Descartes: *«L'effervescence qui règne à ce centre, a dû chasser, bientôt après, toute cette matière irrégulière vers la surface de l'astre, pour l'encrouter, ou pour former des taches, suivant la quantité qui a été chassée»*. Enfin, pour les comètes, Descartes pense: *«Après avoir perdu leur lumière propre, elles ont été obligées d'errer de tourbillon en tourbillon, sans jamais avoir une demeure fixe»*. Le chevalier conclut alors cette partie en disant à son correspondant: *«Voilà, Monsieur, l'idée de Descartes sur la formation des corps célestes. Lorsque votre Newton expliquera les choses d'une manière aussi aimable, je penserai alors à devenir son partisan»*.

Dans sa réponse, Paulian recommande de se contenter *«de dire que l'idée des tourbillons est une idée neuve, ingénieuse & amusante»* car, ajoute-t-il: *«Si vous ajoutez qu'elle est conforme aux lois de la saine Physique, je vous déclare qu'un Newtonien de deux jours vous démontrera qu'elle renverse évidemment le mécanisme qui règne dans l'Univers»*. L'argument classique des newtoniens pour défaire le système des tourbillons fait référence aux mouvements des comètes qui se déplacent dans le sens contraire à celui du tourbillon principal. Ainsi, elles devraient être freinées par la matière subtile du tourbillon et inévitablement finir leur course en son centre, ce qui n'est pourtant pas le cas. Paulian peut donc conclure: *«Les observations astronomiques nous apprenent qu'il n'est aucune Comète, quel que soit son mouvement périodique, qui se précipite dans le sein du Soleil ; donc le Système des tourbillons ne s'accorde pas avec les observations astronomiques»*.

-Quatrième partie-

Dans cette partie, le chevalier signale que la **chute des corps graves** a *«été l'écueil de la plupart des physiciens»*²⁶ car, dit-il: *«Comment en effet concevoir que des corps, essentiellement indifférents au mouvement ou au repos, à telle ou à telle direction,*

²⁶ Ibid., pp. 249-269.

ont cependant une si grande inclinaison, une tendance si violente vers le centre de la Terre, qu'abandonnés à eux-mêmes ils s'approchent de ce centre aussi près qu'ils peuvent s'en approcher ?» La réponse que donne Descartes ne fait intervenir aucune sorte de «sympathie» entre les corps et le centre de la Terre puisque, avec lui, *«ce phénomène embarrassant devient comme un corollaire nécessaire dans le système des tourbillons»*. Ainsi, lorsqu'une pierre est lancée en l'air, la matière subtile qui l'entoure, agitée en tourbillon, fera toujours plus d'efforts que la pierre pour s'écarter du centre de la Terre: *«Cette matière subtile montera donc, & en montant, elle obligera la pierre à descendre de couche en couche, jusque sur la surface de notre terre»*. Comme les corps ne contiennent pas tous la même quantité de matière subtile, ils *«doivent être nécessairement plus pesants les uns que les autres»*. Cependant, Paulian rejette cette explication de la pesanteur des corps: *«Je vous ai démontré dans ma réponse à votre troisième lettre, que les tourbillons renversent évidemment le mécanisme qui règne dans l'Univers ; comment après cela prétendez-vous qu'ils existent ? Et s'ils n'existent pas, comment peuvent-ils être la cause de la pesanteur ?»*

A propos de **l'air**, le chevalier explique: *«[Descartes] le représente comme un fluide composé de parties irrégulières, très déliées ; il veut que ces parties soient molles & flexibles, à peu-près comme le font les petites plumes, ou les petits bouts de cordes ; il assure enfin que l'air est comme compénétré de matière subtile qui communique à ses parties insensibles un mouvement très-rapide & très-violent»*. L'air doit être dilaté avec l'augmentation de température et être condensé dans le cas contraire puisque ce fluide *«doit d'autant plus s'étendre, & occuper un espace sphérique d'autant plus considérable, qu'il est agité»*. Pour finir, Descartes pense que l' *«air condensé»* est *«un état violent ; aussi fait-il les plus grands efforts pour s'échapper avec impétuosité, lorsqu'on en fait entrer dans un vaisseau, plus qu'il n'a coutume d'en contenir»*.

Paulian est tout à fait d'accord avec les explications concernant la nature de l'air données par Descartes. Cependant, il ajoute une idée personnelle qu'il promet de développer dans la suite de son ouvrage: *«Je vous avertis seulement que par matière subtile je n'entens autre chose que la matière ignée, dont j'aurai occasion de vous parler dans la suite»*.

Le chevalier explique que, depuis longtemps, les savants s'accordent sur le fait que les **flux et reflux des marées** dépendent du cycle lunaire ²⁷. A partir de là, Descartes fait intervenir une nouvelle fois les tourbillons pour expliquer le phénomène: *«Il prétend que ce satellite de la Terre, en pressant la matière subtile & l'air, fait nécessairement abaisser les eaux avec lesquelles il est en conjonction. Il ajoute que ces eaux comprimées refluent vers celles avec lesquelles ce même Satellite est en quadrature, & y forment deux espèces de montagnes liquides»* ²⁸. A la question: pourquoi nous n'observons pas ce phénomène avec les lacs ou les rivières ? Descartes répond: *«Les lacs & les rivières qui se trouvent entre les tropiques, n'éprouvent aucun flux & aucun reflux, parce que leurs eaux n'occupent pas un assez grand espace sur la surface de la Terre, pour que la Lune exerce sur elles une pression inégale»* .

Paulian revient sur l'explication du phénomène des marées: *«Je regarde encore, ainsi que Descartes, la Lune comme la cause immédiate du flux & du reflux. Mais est-ce en pressant, ou bien en attirant les eaux de la mer, qu'elle produit les effets que vous venez de nous rapporter ? Voilà ce qui distingue l'Ecole Cartésienne d'avec l'Ecole Newtonienne»*. Cependant, Paulian ne souhaite pas pour l'instant s'appesantir sur les thèses newtoniennes mais se contente seulement de souligner: *«L'explication de Descartes est évidemment contraire à l'expérience. En effet, si c'étoit la pression de la Lune qui causât le flux & le reflux, nous verrions les eaux, en conjonction avec cet astre, s'applatir ; c'est cependant un fait constant qu'elles s'élèvent sous la Lune tantôt de 12, tantôt de 10, & tantôt de 8 pieds»*.

Le chevalier aborde la théorie de Descartes sur l'**origine des fontaines** qui lui semble *«pour le moins aussi raisonnable»*. Descartes tire ses explications de sa bonne connaissance de la circulation sanguine du corps: *«Le sang va continuellement du cœur*

²⁷ Remarquons que Galilée ne le disait pas ! Il attribuait la cause des marées aux rotations de la Terre sur elle-même et autour du Soleil. Ces deux mouvements conjugués produisent des accélérations ou des ralentissements des masses d'eau qui donnent les marées. Pour plus de précisions à ce sujet, lire: J.-M. Lévy-Lebond, «Galilée et les marées: une fausse théorie fausse», *La Recherche*, n°433, 2009, p. 92.

²⁸ *Ibid.*, p. 254-255, pour cette citation et la suivante.

dans les artères, des artères dans les veines, & des veines dans le cœur». Ainsi, reprenant ce schéma, Descartes explique: «L'eau se rend continuellement du sein de la mer dans les conduits intérieurs dont notre globe est percé en tout sens ; de ces conduits intérieurs elle va dans des cavités souterraines qui forment les creux des montagnes ; de ces cavités souterraines elle est élevée par la chaleur & par un nombre innombrable de tubes capillaires jusques sur la surface de la Terre, où elle donne naissance aux fontaines, aux rivières & aux fleuves ; enfin des fleuves elle se rend de nouveau dans le lit de la mer». Pour finir, Descartes pense que l'eau des fontaines trouve son origine dans la mer et, si elle n'est plus salée à la fin, ce n'est que parce-que les conduits souterrains sont trop étroits pour laisser passer le sel.

Le chevalier explique que, pour Descartes, les **tremblements de terre** sont causés par des feux souterrains qui dilatent l'air enfermé dans *«les cavernes souterraines»*. L'air, une fois dilaté, fait *«pour sortir de sa prison, tous les efforts imaginables »* et *«ces efforts causent les secousses dont notre globe est de tems en tems agité»*. De plus, Descartes imagine que les volcans se forment aussi de cette façon et il ajoute son sentiment sur la nature du feu: *«Il veut que les petites parties des corps terrestres soient changées en particules ignées, lorsque, séparées les unes des autres, elles sont tellement environnées de la matière du premier élément, qu'elles soient obligées de suivre son cours. Il ajoute que ces mêmes parties terrestres sont changées en particules aériennes, lorsqu'elles sont environnées de la matière du second élément, à peu-près comme elles l'étoient de la matière du premier»*. Cependant le chevalier ne croit guère en cela: *«Toutes ses explications sont fondées sur un principe romanesque»*.

Au sujet de l'**aimant**, Descartes imagine deux types de matière très subtile qui tourbillonnent à la surface de la Terre sans jamais se heurter. Cependant, le chevalier ne croit pas en l'existence de ces deux espèces de tourbillon bien que, remarque-t-il, Descartes en *«tire les explications de 34 phénomènes magnétiques»*. L'**électricité** est aussi abordée dans la quatrième partie des *Principes* et les explications données par Descartes conviennent bien au chevalier: *«Les phénomènes électriques...ont évidemment pour cause physique la matière du premier élément, c'est-à-dire, la matière ignée que le frottement oblige à sortir du verre, & que la résistance de l'air y fait rentrer»*.

Revenant sur la cause des tremblements de terre, Paulian y voit «une analogie entre les tonnerres & ces secousses effrayantes» et il ajoute: «La matière électrique devoit être regardée comme l'ame du tonnerre... Cette même matière pourroit bien avoir quelques parts aux secousses». Cependant, Paulian ne veut pas développer plus en avant cette idée qu'il souhaite reprendre dans son système mixte où il sera question des «causes des Phénomènes électriques sur lesquelles Descartes a fait des conjectures si heureuses» ainsi que des «principaux effets du feu & de l'aiman, d'une manière qui n'aura rien de romanesque».

3- Autres textes de Descartes sur la physique

-Objections sur *La Dioptrique*-

Paulian remarque que Libert Fromont, en 1637, formule deux objections²⁹ sur le contenu de *La Dioptrique* que Descartes lui avait demandé d'examiner. La première étant: si la lumière traverse plus facilement l'eau que l'air, pourquoi voyons-nous mieux les objets se trouvant dans l'eau lorsque nous nous trouvons hors de l'eau, qu'un plongeur ne les voit, lui, alors qu'il se trouve dans l'eau ? Dans sa réponse, Descartes reprécise alors les choses: «Il avoua qu'une même surface d'eau réfléchissant beaucoup plus les rayons de lumière qu'une égale surface d'air, l'on pouvoit dire en ce sens que la lumière traversoit plus facilement l'air que l'eau ; mais il ajouta que comme deux rayons de lumière qui entroient l'un dans l'eau, l'autre dans l'air, le premier se mouvoit plus facilement que le second, il avoit cru pouvoir assurer que la lumière traversoit plus aisément l'eau que l'air»³⁰. La deuxième objection émise par Fromont concerne cette fois la nature même de la lumière: «Il fit remarquer à Descartes que s'il étoit vrai que la lumière se fît par percussion, ses comparaisons tirées du bâton d'un aveugle & d'une cuve pleine de raisins à demi foulés, expliqueroient à merveille son action ; mais qu'il étoit persuadé qu'elle se faisoit par émission, & qu'il étoit tout-à-fait naturel de comparer

²⁹ Aucune référence donnée par Paulian.

³⁰ *Ibid.*, p. 351-365, pour cette citation et les suivantes.

le rayon du Soleil à une flèche qui part d'un arc, & qui traverse l'air, non dans un instant, mais dans un très-court espace de tems»³¹. Sur ce point, explique Paulian, Descartes n'avait rien d'autre à répondre que d'invoquer les croyances anciennes qu'il fallait absolument bannir de la physique : *«Il dit à son adversaire qu'il ne déterminera jamais à penser comme Leucippe, Epicure & Lucrèce qui regardent les rayons de lumière comme autant de dards que le Soleil nous décoche, & qu'il ne comprenoit pas comment il avoit embrassé les nuages de la Philosophie de Démocrite, au lieu de la Junon de la sienne»*.

Paulian aborde une thèse³², soutenue au collège des jésuites de Paris, qui attaque *«directement la plupart des Principes établis dans la Dioptrique de Descartes, & en particulier l'action de la matière subtile»*. La proposition principale est la suivante: *«Comme il ne suffit pas pour expliquer l'action de la lumière & des couleurs sur les yeux, de dire qu'elle a pour cause le mouvement d'une matière subtile ; de même il ne suffit pas d'apporter le mouvement de l'air, lorsqu'on veut rendre raison de la force admirable & de l'action des sons sur les oreilles»*. Descartes écrit alors au Recteur du collège³³ pour demander que lui soit communiqué l'ensemble de la thèse afin de pouvoir se défendre, chose qu'il ne fera finalement pas, étant satisfait de la réponse du Recteur qui disait: *«Dans ces sortes d'exercices l'on pense moins à réfuter un Ecrivain célèbre, qu'à mettre à même de jeunes élèves de donner des preuves de leur esprit & de leur étude»*.

Paulian signale aussi que Fermat³⁴ trouvait les lois de la réflexion et de la réfraction de la lumière très bien déterminées par Descartes bien que, dit-il: *«Il n'appellerait jamais preuves démonstratives les explications qu'il en donnoit»*. Paulian, qui est tout à fait d'accord avec la critique de Fermat, résume alors la démonstration

³¹ A cet endroit, Paulian ajoute que, depuis, ce «très-court espace de temps» invoqué par Fromont a été mesuré: *«La lumière emploie sept à huit minutes pour venir du Soleil au globe que nous habitons !» Ibid.*, p. 352.

³² Aucune référence donnée par Paulian.

³³ Pas de référence donnée.

³⁴ A noter que Paulian ne présente pas les travaux de Fermat qui, pourtant, détermine la loi de la réfraction de la lumière d'une tout autre manière que ne le fait Descartes. Pour en savoir davantage sur ce sujet, lire: B. Maitte, *La lumière*, 1981, pp. 85-87.

concernant la réflexion de la lumière contenue dans le second discours de la *Dioptrique*³⁵. Puis, il remarque alors: «*Je ne suis pas surpris que M. de Fermat n'ait jamais voulu donner le nom de démonstration à un pareil raisonnement ; je n'y apperçois pas même l'ombre de preuve*». A propos de la démonstration de la loi de réfraction, Paulian explique que Descartes prend une fois de plus l'exemple d'une balle en mouvement qui, cette fois, change de milieu. Cependant, la conclusion à laquelle parvient Descartes est contraire à l'expérience en ce qui concerne la lumière puisque, au lieu de s'éloigner de la normale, comme pour une balle qui passe dans un milieu plus dense, la lumière s'en rapproche. Descartes invoque alors le fait que la lumière n'est qu'une conséquence de l'action de la matière subtile. Pour lui, les milieux moins denses empêchent davantage la matière subtile d'agir que ne le font les milieux plus denses. Par exemple, dans l'air qui est composé de différentes parties plus molles que celles de l'eau ou du verre, la lumière passe plus difficilement car elle est ralentie par ce milieu.

Paulian signale que le père Mersenne avait suggéré à Descartes de se servir de l'angle optique pour déterminer la grandeur des objets. Descartes lui répondit que, dans ce cas: «*Le même homme nous paroîtroit beaucoup plus grand à deux, qu'à six pas de distance, parce qu'à deux pas il est vû sous un plus grand angle optique, qu'à six*». Pour lever cette difficulté, Descartes propose donc de ne considérer la grandeur d'un objet qu'en comparant la distance de ce dernier avec la grandeur de son image imprimée dans l'œil de l'observateur. Sur cette règle «*infaillible*» de Descartes, Paulian fait remarquer: «*Le P. Mersenne avoua qu'elle étoit meilleure que celle dont on s'étoit servi jusqu'alors en Optique*».

-Traité de géostatique-

Le chevalier commence par relater les critiques que Descartes soumet au père Mersenne à propos d'un traité de géostatique du mathématicien Beaugrand publié en 1638. A la suite de quoi, il commente le *Traité de géostatique* que Descartes envoie au

³⁵ Ici, Paulian fait intervenir des figures mathématiques qui se trouvent dans quelques planches à la fin du premier volume.

père Mersenne sous forme de lettre ³⁶ et dans lequel sont abordés les deux systèmes expliquant la pesanteur en vigueur à l'époque de Descartes: «*Dans l'un on donne pour cause à cet effet une qualité qui pousse les corps sublunaires vers le centre de la terre ; on veut même que cette qualité leur soit intrinsèque, essentielle, & qu'elle soit tellement identifiée avec eux, qu'elle fasse partie de leur essence. Dans l'autre on fait dépendre la pesanteur d'une attraction que la terre exerce sur tous les corps sublunaires, à peu près semblable à l'action de l'Aiman sur le fer*» ³⁷. Pour le chevalier, dans le second cas, il est évident de penser que la pesanteur du corps dépend de sa distance avec la Terre, contrairement au premier cas où elle reste toujours constante. Descartes qui fait «*dépendre la pesanteur des corps de l'action de la matière subtile agitée en tourbillon*» pense qu'il faut réaliser quelques expériences. Le chevalier explique que le philosophe prend l'exemple des balles d'artillerie qui, soi-disant, ne retombent pas sur la Terre lorsqu'elles sont lancées au zénith. A partir de là, Descartes imagine que les corps perdent alors toute leur pesanteur lorsqu'ils sont éloignés de la Terre. Cependant, le chevalier est peu convaincu par ce *Traité de géostatique* de Descartes: «*Peut-il être regardé comme un ouvrage, je ne dis pas médiocre, mais même passable? Ce qui cependant excuse Descartes, c'est qu'il ne prétendoit pas qu'il vit jamais le jour ; il avoue même qu'il en a composé une partie à demi endormi. Il n'est pas difficile de s'en apercevoir*».

Dans sa réponse, Paulian explique que ce traité de géostatique n'apporte pas vraiment d'éléments essentiels mais, dit-il: «*Malgré cela cependant Descartes a eu raison d'avancer que la pesanteur des corps sublunaires diminueoit, à mesure qu'ils s'éloignoient du centre de notre globe ; je soutiens même qu'une telle pensée n'a pu venir qu'à un Génie créateur, né pour causer dans l'empire des sciences la plus heureuse & la plus mémorable des révolutions*». Paulian pense donc que ces conceptions cartésiennes ³⁸ sur la chute des corps ont pu être utilisées par Newton pour composer sa théorie sur la gravitation: «*La gravité des corps est précisément en raison inverse des quarrés des*

³⁶ Le traité de géostatique de Descartes accompagnait une lettre à Mersenne. C. Adam et P. Tannery (éd.), «Lettre du 22 juin 1637», *Œuvres de Descartes*, 1996, t. 1, pp. 389-393.

³⁷ *Ibid.*, p. 368-375, pour cette citation et les suivantes.

³⁸ Ici, Paulian veut convaincre les cartésiens qui pourraient lire son *Traité de paix entre Descartes et Newton* de la supériorité de la théorie newtonienne sur la gravité.

distances au centre de leur mouvement, c'est-à-dire, que le même corps éloigné du centre de la Terre de deux rayons terrestres pèse quatre fois moins, que s'il n'en étoit éloigné que d'un rayon».

-Traité sur la mécanique particulière-

Paulian présente un autre ouvrage de mécanique de Descartes: *«Pour la Méchanique particulière de Descartes, elle ne consiste que dans un petit ouvrage qu'il composa à contre cœur ; & par malheur pour la Physique il n'est pas difficile à un lecteur intelligent de s'en apercevoir»*³⁹. Descartes fonde son ouvrage sur le principe suivant: *«La même force qui peut lever un poids, par exemple, de 100 livres à la hauteur de deux pieds, en peut lever un de 200 à la hauteur d'un pied, ou un de 400 à la hauteur d'un demi pied»*. Cependant, bien que *«ce principe a paru faux à bien des Physiciens»*⁴⁰, Paulian remarque: *«Descartes a par hazard attrapé juste dans ses résultats. Rien n'est plus incontestable que les conclusions qu'il tire de son Principe faux ou vrai»*. Il ajoute qu'il aurait fait différemment en traitant du sujet: *«Je vous conseillerois de commencer par expliquer la nature du levier, & de démontrer ensuite que deux corps, suspendus à ses deux extrémités, sont en équilibre, lorsqu'ils ont leurs masses en raison inverse de leurs distances au point d'appui. C'est-là le seul Principe qui puisse vous diriger dans l'explication des machines même les plus composées ; il en est peu en effet que l'on ne puisse rapporter facilement au levier»*. Enfin, il expose les principaux résultats contenus dans ce court traité de Descartes.

-Recueil de lettres-

Paulian commente un recueil de lettres de Descartes publié par Clerselier et traitant de plusieurs questions de physique. A propos de la grosseur apparente d'une flamme que l'on observe de loin, Paulian ne retient qu'une seule des deux causes données

³⁹ *Ibid.*, pp. 72-78, pour cette citation et les suivantes.

⁴⁰ Paulian explique que les physiciens en désaccord avec ce principe mettent en avant l'exemple suivant: *«Un Portefaix, disent-ils, qui peut porter trois quintaux à un lieüe, ne peut pas en porter sis à un demi lieüe, 12 à un quart de lieüe»*. *Ibid.*, p. 74.

par Descartes: *«Nous ne voyons pas seulement dans cette occasion la lumière qui vient directement de la chandelle ; mais encore celle qui vient de l'air épais, ou des autres corps voisins qu'elle éclaire. Ces deux lumières, continue-t-il, se distinguent fort bien de près ; mais de loin, nous les attribuons toutes les deux à la chandelle»*⁴¹. Paulian explique encore que Descartes fut le premier à imaginer une expérience permettant de montrer *«l'effet de la pesanteur de l'air que nous respirons»*. Ainsi, Pascal n'aurait pas eu le premier l'idée de faire cette expérience (réalisée par son beau-frère avec succès au puy-de-Dôme) puisque Descartes lui aurait suggéré⁴².

Paulian rapporte aussi la façon dont Descartes réalise la congélation de l'eau grâce à un mélange de glace pilée et de sel: *«Il prit une assez bonne quantité de glace pilée, ou de neige, qu'il mêla avec une certaine quantité de sel pilé : il suffit de mettre une partie du sel sur trois parties de glace ou de neige. Il enterra le vase rempli d'eau douce dans ce mélange, & il l'y laissa jusqu'à ce que la glace eut été entièrement fondue. Il n'en fallut pas davantage pour faire geler l'eau contenue dans le vase»*.

Pour finir, Paulian expose le moyen qu'emploie Descartes pour mesurer *«le poids absolu d'une certaine quantité d'air»*. Ce dernier suit un procédé expérimental élaboré: *«Il prit un éolipile⁴³ de verre, de la grosseur d'une paume ordinaire ; à peine un cheveu pouvoit-il entrer par l'ouverture pratiquée à l'extrémité de sa queue. Il le pesa dans une balance très-exacte, & il trouva que son poids étoit de 78 grains $\frac{1}{2}$. Il le fit chauffer sur des charbons, afin d'en faire sortir l'air qui y étoit renfermé ; il le remit dans la balance, & il trouva que son poids étoit diminué de la moitié d'un grain. Il conclut de-là que le poids de l'air, que la chaleur avoit fait sortir du sein de l'éolipile, étoit précisément la moitié d'un grain. Enfin il mit dans l'eau le bec de l'éoliphile encore chaud ; il y entra à peu près autant d'eau, que la chaleur en avoit chassé d'air. Il le pesa une troisième fois avec sa même balance, & il s'aperçut que son poids étoit augmenté de 72 grains $\frac{1}{2}$ »*⁴⁴.

⁴¹ *Ibid.*, p. 101-105, pour cette citation et les suivantes.

⁴² Paulian tire cette affirmation d'une lettre que Descartes avait adressée au Père Mersenne. C. Adam et P. Tannery (éd.), «Lettre du 13 décembre 1647», *Œuvres de Descartes*, 1996, t. 5, pp. 98-100.

⁴³ L'éolipile est un instrument formé d'une sphère creuse munie de deux petites ouvertures en forme de bec.

⁴⁴ Le grain est une ancienne unité de masse d'environ 0,53 g. Cela correspondait à la masse d'un gros grain d'orge ou de froment.

Descartes détermine que le poids relatif de l'air par rapport à celui de l'eau est en proportion de 1 sur 145. Cependant plus tard, fait remarquer Paulian, Hauksbee obtiendra un rapport bien différent égal, cette fois, à 1 sur 885 en utilisant le même protocole que Descartes.

Chapitre 3 : La physique de Newton d'après Paulian

Pour commencer ce deuxième tome de l'ouvrage, Paulian remarque: «*Nous n'avons en françois aucune vie du grand Newton. Je ne connois que l'éloge historique que fit en assez peu de mots de ce Philosophe, l'illustre Fontenelle en l'année 1727*»¹. C'est pourquoi, il intègre dans l'introduction de ce deuxième tome une biographie du savant «*depuis sa naissance jusqu'à l'âge de 45 ans, tems auquel il donna son premier Ouvrage au public*»². Après avoir donné la liste des livres écrits par Newton, Paulian ne retient pour son volume que ceux traitant de philosophie naturelle et il ajoute: «*Aussi diviserons-nous cette vie littéraire en 4 livres seulement. L'Optique de Newton sera la matière du premier. Nous examinerons dans le second son ouvrage sur le système du monde. Nous discuterons dans le troisième livre les points de Physique & de Métaphysique que contiennent les Principes de sa Philosophie. Nous rapporterons enfin dans le quatrième ce qu'il peut y avoir de Physique dans le reste de ses ouvrages*». Le compte-rendu des ouvrages se fera, dit-il, comme pour le premier volume, par le biais d'un échange épistolaire avec un chevalier. Mais avant de débiter cela, Paulian précise le sens qu'il entend donner au mot attraction: «*Toutes les fois que dans le cours de cette vie littéraire il m'arrivera de dire qu'un tel corps attire, & qu'un tel autre est attiré ; je ne prétend pas insinuer par là qu'il y ait dans le corps attirant & dans le corps attiré aucune qualité intrinsèque & inhérente, capable de produire aucun effet de cette espèce. Le créateur, je le sçais, peut avoir fait, au commencement du monde, des loix générales, en vertu desquelles les corps essentiellement indifférens au mouvement ou au repos, tendent les uns vers les autres en telle & telle raison. Mais l'a-t-il fait ? Voilà ce que nous examinerons dans la suite avec toute l'attention dont nous serons capables ; & voilà, supposé qu'il l'ait fait, ce que j'appellerai loix de l'attraction mutuelle des corps*». De plus, Paulian distingue deux types d'attraction: «*Lorsque je dirai que l'attraction se fait*

¹ A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, «Préface», 1763, t. 2, p. iii.

² *Ibid.*, pp. 2-9, pour cette citation et les suivantes.

en raison directe des masses, je ne parlerai que de l'attraction active...Lorsque j'avouerai que l'attraction se fait en raison inverse des quarrées des distances à un centre quelconque, je ne parlerai que de l'attraction passive».

Enfin, comme nous l'avons fait pour le premier volume de l'ouvrage sur Descartes, nous n'étudierons seulement que les parties traitant de physique, principalement rassemblées dans deux ouvrages de Newton: ses *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* (1^{ère} éd. latine en 1687, trad. française en 1756) et son *Traité d'optique* (1^{ère} éd. anglaise en 1704, trad. française en 1720) avec lequel nous allons débiter.

1- Le Traité d'Optique

Paulian signale que Fontenelle, dans l'éloge qu'il fit à la mort de Newton, en 1727, avait désigné le *Traité d'optique* du savant anglais comme étant un ouvrage «*neuf & original*». Cependant, Paulian trouve que ce livre mérite bien plus de louanges que cela et il ajoute: «*c'est peut-être l'ouvrage le plus solide que nous ayons en Physique, & que c'est là le modèle que l'on doit proposer à quiconque veut interroger sûrement la Nature par la voye de l'expérience. Ce fut en effet qu'après avoir, pendant trente années entières, disséqué, pour ainsi dire, la lumière avec toute l'exactitude, toute la dextérité & tout le succès possible, que Newton se détermina à publier ses importantes découvertes*»³. Avant d'aborder la première partie de l'ouvrage⁴, Paulian donne les grands principes d'optique du savant anglais exposés dans l'introduction sous forme de définitions et d'axiomes⁵. Il fait encore remarquer que «*l'Optique de Newton est à la portée de tout le monde*».

³ *Ibid.*, pp. 11-113, pour cette citation et les suivantes.

⁴ L'ouvrage est composé de grandes parties que Newton appelle livres. Ces trois livres sont eux-mêmes découpés en parties. Le premier livre est composé de deux parties, le deuxième en comporte quatre et le dernier rassemble deux parties. La première partie du troisième livre donne plusieurs observations et la seconde est un ensemble de trente et une questions qui semble, par sa forme, se détacher du reste de l'ouvrage.

⁵ «*Définition 1. Tout rayon de lumière forme une ligne, composée de particules infiniment petites, qui existent en même tems, ou qui se succèdent les unes aux autres. Définition 2. La réfrangibilité des rayons de lumière n'est que la disposition, l'aptitude qu'ils ont à changer de ligne, lorsqu'ils sont obligés de passer*

-Premier livre-

Paulian aborde la **première partie** du premier livre du *Traité d'optique* dans laquelle Newton avance huit propositions démontrées grâce différentes expériences. Ainsi pour prouver le bien fondé de sa première proposition –«*Les rayons de lumière différemment colorés ont aussi différens degrés de refrangibilité*»–, Newton réalise deux expériences dont seule la seconde est commentée par Paulian: «*Il choisit une bande de carton d'environ 2 doigts de largeur & de 5 à 6 pouces de longueur. Il en peignit 3*

d'un milieu dans un autre. Un rayon de lumière est donc plus réfrangible qu'un autre, par exemple, le rayon A est plus réfrangible que le rayon B, si le premier, à une incidence égale sur le même milieu, est disposé à s'écarter plus que le second de l'ancienne ligne que l'un & l'autre parcouroient auparavant. Définition 3. *La réfléxibilité des rayons de lumière n'est aussi que la disposition, l'aptitude qu'ils ont à être renvoyés dans le milieu d'où ils venoient, par la surface d'un corps dans le sein duquel il ne leur a pas été possible de pénétrer. La facilité plus ou moins grande à être renvoyés, annonce donc plus ou moins de réfléxibilité dans ces rayons.* Définition 4. *L'angle d'incidence d'un rayon quelconque est formé par la ligne d'incidence de ce même rayon et par la ligne perpendiculaire à la surface du milieu réfractant, ou réfléchissant.* Définition 5. *L'angle de réflexion d'un rayon quelconque est formé par la même perpendiculaire & par la ligne de réflexion de ce même rayon. Pour l'angle de réfraction, il est formé par le rayon réfracté, & par la ligne perpendiculaire au milieu réfractant.* Définition 6. *Les Sinus d'incidence, de réflexion & de réfraction sont les Sinus droits des angles d'incidence, de réflexion & de réfraction.* Définition 7. *La lumière simple & homogène est formée de plusieurs rayons également réfrangibles ; plusieurs rayons différemment réfrangibles donnent une lumière composée & hétérogène.* Définition 8. *La lumière homogène donne des couleurs primitives, l'hétérogène en donne des secondaires ou de subalternes...* Axiome 1. *Les angles d'incidence, de réflexion & de réfraction se trouvent toujours dans le même plan.* Axiome 2. *L'angle de réflexion est toujours égal à l'angle d'incidence.* Axiome 3. *Un rayon réfracté qui reviendrait directement sur lui-même, parcourroit, après avoir changé de milieu son ancienne ligne d'incidence.* Axiome 4. *Un rayon de lumière passant obliquement d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense, se réfracte en s'approchant de la perpendiculaire, de telle sorte que l'angle de réfraction est toujours plus petit que celui d'incidence. Le contraire arrive, lorsque le passage se fait d'un milieu plus dense dans un milieu plus rare.* Axiome 5. *Le sinus de l'angle d'incidence & le sinus de l'angle de réfraction sont en raison donnée ; c'est-à-dire, l'on connoit en Physique le rapport qu'il y a du sinus de l'angle d'incidence au sinus de l'angle de réfraction...* Axiome 6. *Les rayons homogènes partis de différens points, se réunissent aussi à différens points, après avoir été réfractés ou réfléchis...* Axiome 7. *C'est au point de réunion des rayons de lumière que se forment les images des objets.* Axiome 8. *L'image de l'objet me paroît dans l'endroit, où j'imagine que se fait la réunion des rayons réfractés, ou réfléchis qui concourent à la tracer». Ibid., pp. 14-18.*

pouces en bleu & 3 pouces en rouge. Il enveloppa plusieurs fois le carton suivant sa longueur avec un gros fil noir qui formoit des lignes parallèles entr'elles. Il l'éleva perpendiculairement contre la muraille, de telle sorte qu'une des deux couleurs se trouvoit à droite & l'autre à gauche. Il en approcha pendant la nuit une grosse chandelle allumée, en prenant bien garde que la flamme ne montât guères plus haut que l'extrémité inférieure du carton, & qu'elle répondit à peu près à la ligne qui séparoit les deux couleurs». Après avoir installé ce dispositif, poursuit Paulian, Newton place une lentille convergente à une certaine distance du carton et s'aperçoit alors que l'image nette de la partie du carton peinte en bleu se situe à une distance plus petite de la lentille que celle obtenue pour la partie du carton peinte en rouge. Ainsi, Newton conclut: «*La lumière rouge & la lumière bleue n'avoient pas le même degré de réfrangibilité, & que par conséquent les rayons de lumière différemment colorés ont aussi différens degrés de réfrangibilité*». Paulian en vient alors à la seconde proposition qu'avance Newton: la lumière solaire est «*composée de rayons différemment réfrangibles*». Pour prouver cela, Newton décrit une troisième expérience que relate Paulian: «*Il fit entrer un rayon du soleil, gros à peu près comme une plume à écrire, dans une chambre obscure exposée au midi. Il fit tomber ce rayon sur un des angles d'un prisme triangulaire de verre. Il le reçut réfracté sur un carton, & il eut une image composée de 7 couleurs rangées en cet ordre, le rouge, l'orangé, le jaune, le verd, le bleu, l'indigo & le violet. Il s'aperçut que le rouge étoit toujours plus près, & le violet plus loin que les autres de l'endroit où le rayon solaire avoit coutume de se rendre, lorsqu'il ne le faisoit passer par aucun prisme. Il s'aperçut encore que les autres couleurs étoient d'autant plus éloignées de ce même endroit, qu'elles étoient plus près du violet*». Newton peut alors affirmer: «*Tout rayon solaire est composé de 7 rayons différemment réfrangibles, parmi lesquels le rayon rouge a le moins, le rayon violet le plus de réfrangibilité, & les autres plus ou moins, suivant qu'ils sont plus ou moins près du rayon violet*». Pour montrer que «*la lumière de cet Astre est aussi composée de rayons différemment réflexibles ; & [que] la plus grande réflexibilité est toujours joint à la plus grande réfrangibilité*», ce qui constitue sa troisième proposition, Newton réalise d'autres expériences dont la neuvième est rapportée par Paulian. Dans celle-ci, le savant envoie un rayon de lumière perpendiculairement à une face d'un prisme rectangulaire qui traverse alors deux faces du prisme et donne une image composée de rayons différemment colorés ; lorsqu'il tourne progressivement le

prisme sur sa base, les rayons colorés, au lieu de traverser entièrement le prisme, sont alors chacun leur tour réfléchis sur une face à l'intérieur du prisme: *«Le rayon violet se réfléchissoit le plutôt, le rayon rouge le plus tard, & les autres plutôt ou plus tard, suivant qu'ils étoient plus ou moins près du rayon violet»*. Abordant maintenant la cinquième proposition ⁶, Paulian rend compte de la douzième expérience de l'ouvrage: *«Jusqu'à présent, mon cher Chevalier, les propositions de Newton ont été de simples théorèmes. Il n'en est pas ainsi de la suivante ; c'est un problème dans toutes les formes ; on y trouve la méthode de séparer les rayons hétérogènes, les uns d'avec les autres. Après avoir fait cette séparation, il fait passer un rayon simple, par exemple, le rouge par un trou circulaire d'environ deux lignes de diamètre ; il fait réfracter ce rayon à travers un prisme ; & comme il ne change pas de couleur, il conclut que les couleurs homogènes sont inaltérables, & que les rayons primitifs sont colorés essentiellement par eux-mêmes»*. Dans sa sixième proposition, Paulian explique que Newton insiste sur les mesures des différentes réfrangibilités des sept rayons de lumière pour: *«Prouver que les lunettes astronomiques ordinaires étoient sujettes à de très-grands inconvénients»*. Newton affirme avec sa septième proposition que les défauts des images obtenues avec les lunettes astronomiques ne sont pas dus aux imperfections des lentilles utilisées: *«Quelque figure que vous donniez à ces verres, vous ne viendrez jamais à bout de réunir au même point les rayons hétérogènes dont la lumière est composée ; vous ne vous procurerez donc jamais une image distincte de l'objet que vous voulez observer»*. Pour prouver cela, Newton modifie l'expérience qu'il avait réalisée pour sa première proposition: *«Au lieu de teindre en rouge & en bleu une bande de carton...Il en prit une plus longue sur laquelle il peignit les 7 couleurs primitives..., la différence qu'il y a entre l'endroit où se réunissent les rayons les plus réfrangibles & celui où se réunissent ceux qui le sont le moins, est à peu près la 14^e partie de la longueur du foyer du verre»*. De plus, si l'objet se trouve très éloigné de la lentille comme avec le soleil, cette différence ne sera plus que la 27^e ou 28^e partie de la longueur entre le foyer et la lentille ; cette étendue ayant paru à Newton *«assez considérable, pour l'engager à avancer qu'il étoit impossible d'avoir des lunettes parfaites, lorsqu'on seroit déterminé à n'employer que*

⁶ Paulian passe ici de la 3^{ème} à la 5^{ème} proposition. Par la suite, nous verrons que de nombreuses propositions ou observations de Newton ne sont pas examinées sans que l'on ne sache toujours pourquoi Paulian fait ces choix.

des verres»⁷. Dans la huitième proposition, poursuit Paulian, Newton fournit la façon de construire un télescope par réflexion à partir d'un tuyau noirci à l'intérieur, d'un miroir concave, d'une lentille convexe et d'un prisme rectangulaire. Sur ce télescope qui donnait des images renversées, explique Paulian: «[Il] fut construit en l'année 1672, n'avait que deux pieds de longueur, & faisait l'effet d'une lunette de 8 à 10 pieds». Il fait aussi remarquer que, depuis lors, Grégory a fait quelques modifications sur le télescope de Newton et l'a rendu plus commode d'utilisation: «Il représente les objets dans leur situation ordinaire. Le grand miroir du fond est troué au milieu, pour recevoir un petit tuyau qui contient deux oculaires, l'un plan convexe, & l'autre convexo-convexe. Vers l'ouverture du Télescope, une tige porte, non un prisme de verre, mais un petit miroir concave de métal, opposé au trou du grand miroir, dont le diamètre est un peu plus grand que celui de ce Trou».

Paulian présente ensuite la **deuxième partie** du premier livre de l'*Optique* dans laquelle les trois premières propositions peuvent être oubliées, dit-il, puisqu'elles ne font que revenir sur ce qui avait été dit dans la première partie de l'ouvrage: «Les 7 rayons primitifs n'étoient différemment colorés, que parce qu'ils étoient différemment réfrangibles & différemment réfléchibles». La quatrième et la cinquième proposition, continue Paulian, abordent «les couleurs qui résultent du mélange de rayons primitifs». Ainsi, Newton remarque que l'«orangé» provenant de la superposition d'un rayon rouge et d'un rayon jaune est «bien différent du primitif, puisque le prisme ne peut rien sur celui-ci [l'orange primitif], & qu'il décompose très-facilement celui-là [l'«orangé»] en ses couleurs élémentaires». De plus, s'appuyant sur les résultats de sa dixième expérience, Newton affirme à propos de la couleur blanche: «C'est la plus composée des couleurs ; on ne l'a, qu'en réunissant au foyer d'une très-bonne lentille les 7 couleurs primitives que le prisme avoit manifestées». Paulian passe alors les sixième et septième propositions qui présentent peu d'intérêt à ses yeux pour commenter la suivante dans laquelle Newton remarque qu'en regardant à travers un prisme une bande noire qui entoure un corps blanc ou bien l'inverse: «L'on voit sur ce corps différentes couleurs». Cette observation lui fait alors conclure: «Ces couleurs ne sçauroient venir du noir qui ne réfléchit presque aucun

⁷ Affirmation fausse de Newton qui sera appelée communément, par la suite, «l'erreur de Newton». B. Maitte, *La lumière*, 1981, p. 200.

rayon de lumière ; il faut les attribuer dans le premier cas aux rayons réfléchis par le corps blanc, & dans le second aux rayons réfléchis par la bande blanche». Dans la dixième proposition, Newton précise ses idées sur les couleurs des objets: *«Il avoue sans peine qu'aucune des couleurs primitives ne se trouve, & ne sçauroit se trouver dans les objets colorés»*. Ainsi, précise Paulian, un corps paraît rouge lorsqu'il absorbe les rayons de couleurs primitives autres que le rouge et qu'il réfléchit abondamment la couleur rouge. De même, ajoute-t-il, les corps ayant des couleurs secondaires renvoient un mélange de rayons colorés primaires et absorbent les autres: *«Un objet réfléchit-il en même tems le rayon rouge & le rayon jaune ? Sa couleur tirera sur l'orangé. Elle tireroit sur le verd, s'il réfléchissoit les rayons jaune, verd & bleu, & qu'il absorbat tous les autres»*. Pour expliquer pourquoi les corps réfléchissent ou absorbent tels ou tels rayons, Paulian, précise qu'il faudrait introduire le concept newtonien suivant: *«Les rayons primitives sont différents en masse et en figure»*. Il présente alors un effet particulier observé avec une feuille d'or que Newton a examinée avec beaucoup d'attention: *«Il s'aperçut qu'une feuille d'or très mince lui paroissoit verte, lorsqu'il la plaçoit entre le soleil & ses yeux, & qu'elle lui paroissoit jaune, lors qu'il plaçoit ses yeux entre le soleil & elle»*. Newton, relate Paulian, pense alors que la feuille d'or est composée de parties solides qui réfléchissent majoritairement les rayons jaunes, de pores droits qui laissent passer les rayons verts et de pores obliques qui absorbent les cinq autres rayons. Pour les verres colorés, Paulian relève que Newton fournit la même explication: *«Ce sont des corps à demi-diaphanes dont les pores obliques absorbent les rayons qui ne sont pas de la couleur du verre ; les pores droits laissent passer principalement & les parties solides réfléchissent principalement les rayons qui sont de la couleur du verre dont il s'agit. Un verre verd, par exemple, a donc des pores obliques propres à absorber les rayons non verts, des pores droits qui laissent passer principalement les rayons verts»*. Enfin, termine Paulian, la couleur vue par réflexion est pour Newton due aux parties solides du verre: *«[Elles] renvoient tous les rayons qu'elles reçoivent ; & comme elles reçoivent principalement des rayons verts, puisque les autres ont été absorbés dans des pores obliques, le verre verd doit non-seulement faire paroître les objets verd, mais il doit le paroître lui-même»*. Paulian développe alors la neuvième proposition du *Traité d'Optique* qui traite de l'arc-en-ciel et débute cette partie en donnant l'une des conditions nécessaires pour que le phénomène ait lieu: *«Je vous prie d'abord de remarquer, mon*

cher Chevalier, que les couleurs de l'arc-en-ciel supposent évidemment des gouttes d'eau répandues sur certains nuages opposés au soleil. Ces gouttes d'eau décomposent les rayons solaires à peu près comme le font nos prismes ordinaires de verres». Il ajoute qu'il faut aussi être bien situé pour observer l'arc-en-ciel : «Il n'est que ceux qui le regardent, le dos tourné au soleil, & qui reçoivent les rayons réfractés sous certains angles». Pour déterminer ces angles, explique Paulian: «[Newton] exposa au soleil une boule de verre creuse, remplie d'une eau très claire». En se plaçant entre la boule et le soleil, le savant anglais remarque alors qu'il existe deux angles⁸ particuliers sous lesquels il voit la couleur violette: 40°17' et 54°7'. De même, il observe la couleur rouge sous les angles de 42°2' et de 50°57'. En montant progressivement la boule de verre de manière verticale, continue Paulian, Newton fait varier l'angle de 40°17' à 42°2' puis de 50°57' à 54°7' et observe alors deux successions des sept couleurs primitives, la première débutant par la couleur violette et la seconde par la couleur rouge. A partir de ses observations, Newton peut donc affirmer: «Un certain nombre de gouttes d'eau placées les unes sous les autres, nous manifestent les 7 couleurs de l'arc-en-ciel intérieur ; ce sont celles-ci, après avoir décomposé la lumière solaire en 7 rayons, nous les réfléchissent sous 7 angles, dont le plus petit est de 40 degrés, 17 minutes, & le plus grand de 42 degrés, 2 minutes...Un pareil nombre de gouttes d'eau rangées les unes sous les autres, nous donnent les 7 couleurs de l'arc-en-ciel extérieur ; ce sont celles qui, après avoir décomposé la lumière solaire sous 7 angles dont le plus petit est de 50 degrés, 57 minutes, & le plus grand de 54 degrés, 7 minutes». Cependant, Paulian se pose la question: «Pourquoi dans l'arc-en-ciel intérieur le violet paroît sous le plus petit, & dans l'arc-en-ciel extérieur sous le plus grand des angles ?» A cela, Newton répond: «Dans l'arc-en-ciel intérieur la lumière entre dans les gouttes d'eau par leur partie supérieure, &...dans l'arc-en-ciel extérieure elle y entre par leur partie inférieure». De plus, le philosophe ajoute: «Le rayon violet, comme le plus réfrangible de tous, doit donc s'écarter plus que les autres de la ligne d'incidence ; il doit donc occuper la partie inférieure dans l'arc intérieur, & la partie supérieure dans l'arc extérieur ; il doit donc paroître dans celui-là sous le plus petit, & dans celui-ci sous le plus grand des angles». De même, les positions du rouge dans les arcs intérieur et extérieur viennent du fait que le rayon rouge est le moins réfrangible de

⁸ Nous parlons ici de l'angle entre la ligne horizontale se situant au niveau de l'œil de l'observateur et le rayon lumineux coloré.

tous. Mais maintenant, poursuit Paulian, comment expliquer que les couleurs de l'arc intérieur sont toujours plus vives que celles de l'arc extérieur ? Tout simplement, explique Newton, parce-que *«dans celui-ci la lumière souffre deux réflexions, tandis qu'elle n'en souffre qu'une dans celui-là»*⁹. A la question: pourquoi le phénomène a-t-il la forme d'un arc ? Paulian donne la réponse de Newton: *«Si nous étions plus élevés sur l'horizon que nous ne le sommes, nous verrions, non par un arc, mais un cercle coloré ; parce que notre œil se trouve au sommet d'un cône transparent qui a pour base les nuages sur lesquels les rayons solaires vont se réfracter. Peut-être est-il plus d'un oiseau de proie qui voit le cercle coloré dont je viens de vous parler»*. Enfin, si l'arc-en-ciel est parfois vu renversé, termine Paulian en reprenant le sentiment de Descartes, c'est parce-que *«ces espèces d'arcs sont produits par la lumière du soleil qui ne vient aux nuages qu'après avoir été réfléchi par quelque lac, quelque grand fleuve, & plus communément par les eaux de la mer»*.

⁹ Le nombre de réflexions à l'intérieur d'une goutte est inversement proportionnel à l'intensité du rayon sortant.

TRAITÉ D'OPTIQUE

SUR
LES REFLEXIONS, REFRACTIONS,
INFLEXIONS, ET LES COULEURS,
DE
LA LUMIERE.

Par Monsieur LE CHEVALIER NEWTON.
*Traduit par M. COSTE, sur la seconde Edition Angloise,
augmentée par l'Auteur.*

SECONDE EDITION FRANCOISE,
beaucoup plus correcte que la premiere.



A PARIS,
Chez MONTALANT, Quay des Augustins, du côté
du Pont saint Michel.

M. DCC. XXII.
AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROT.

Dans la **première partie** du second livre du *Traité d'optique*, explique Paulian, Newton expose «24 observations faites avec tout le soin, toute la patience, toute la délicatesse & tout le succès possible». Paulian commence par la quatrième observation: «Newton prit deux verres objectifs, l'un plan convexe appartenant à une lunette de 14 pieds, & l'autre convexo-convexe appartenant à une lunette de 50 pieds de longueur. Il pressa la convexité de celui-ci sur le plan de celui-là». En plaçant les deux lentilles sur une surface obscure, Newton aperçoit «au point de contact une tache noire entourée de plusieurs anneaux diversement colorés» séparés par des anneaux noirs. Le savant mesure les diamètres des différents cercles observés et constate, précise Paulian: «Les quarrés des diamètres des 6 premiers cercles colorés gardoient la progression arithmétique des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, 11...Les quarrés des diamètres des 6 premiers anneaux noirs gardoient la progression arithmétique des nombres pairs 2, 4, 6, 8, 10, 12». Dans la sixième observation, Paulian signale que Newton mesure les «épaisseurs absolues» des six premiers anneaux colorés et des six premiers anneaux noirs. L'extrême précision des mesures fait dire à Paulian: «Si ce calcul est exact, j'avoue que Newton est le premier observateur que le monde ait produit ; peut-être ne produira-t-il jamais son semblable». En regardant directement les deux lentilles accolées, Newton observe: «Au lieu d'une tache noire au point de contact, un espace circulaire d'une grande clarté, & des anneaux colorés». Ainsi, il remarque: «Les anneaux auparavant noirs devenoient lumineux, lorsqu'il recevoit les rayons solaires à travers les deux objectifs pressés l'un contre l'autre». Et lorsque Newton place son système optique à l'intérieur d'une chambre obscure et y dirige un rayon coloré rouge: «Il voyoit rouges tous les anneaux qu'il avoit vûs auparavant de différente couleur». De plus, poursuit Paulian: «S'il faisoit passer le rayon rouge à travers ses objectifs, & qu'il le reçut ensuite sur un papier blanc, chaque anneau auparavant rouge lui donnoit sur la feuille de papier un anneau noir, & chaque anneau auparavant noir lui en donnoit un rouge». Dans d'autres observations, Newton compare les phénomènes colorés obtenus dans les observations précédentes avec les couleurs que donnent les bulles de savon: «Lorsqu'après avoir eu soin de mettre derrière ces boules quelque chose d'obscur, il recevoit la lumière qu'elles réfléchissoient, il voyoit des anneaux colorés...Lorsqu'il ne voyoit ces boules, qu'en recevant la lumière qui

traversoit, il avoit à peu près le même nombre d'anneaux colorés ; mais les couleurs étoient rangées dans un ordre différent». Enfin, Paulian signale que Newton, dans sa vingt-quatre et unième observation, regarde son système optique à travers un prisme et relève alors une quantité innombrable d'anneaux colorés.

Paulian aborde la **deuxième partie** du second livre où Newton exprime ses idées sur les observations faites dans la partie précédente. Pour le savant, ces phénomènes se produisent parce que les rayons de couleurs primaires ont des réflexibilités et des réfrangibilités qui leur sont propres. Cependant sur ce dernier point, Paulian fait remarquer: *«Si tout ce qui regarde la réfrangibilité & la réflexibilité des rayons solaires ne m'étoit pas démontré d'ailleurs, les observations de Newton ne m'auroient donné là-dessus aucune lumière. Je ne vois ici aucun ordre gardé dans l'arrangement des couleurs ; je n'y vois qu'un air, apparemment très-hétérogène, dont, les différentes lames ont des effets très-analogues à ceux de la feuille d'or de ma dernière lettre ¹⁰»*. Pour Newton, Paulian étant tout à fait d'accord avec lui là-dessus, l'observation obtenue avec la lumière rouge confirme ce qu'il avait pu dire dans le premier livre de son ouvrage: *«Si les rayons simples n'avoient pas chacun une couleur inaltérable & invariable, le rayon rouge n'auroit pas donné sa couleur à des anneaux qui paroissent diversement colorés, lorsqu'ils recevoient la lumière, telle qu'elle nous vient du soleil»*. Paulian signale aussi que Newton *«prétend avoir tiré de ses observations une véritable analogie entre les couleurs & les tons de la musique»* et il ajoute à ce sujet: *«Ce furent apparemment ces conjectures qui donnerent, il y a quelques années, au P. Castel Jésuite l'idée d'un clavessin oculaire qui devoit faire paroître successivement des couleurs harmoniques, comme nos clavessins nous font entendre des sons» ¹¹*. A propos de cette analogie, Paulian remarque: *«Je veux cependant vous faire remarquer, avant que de finir cette lettre, mon Chevalier, que l'analogie que Newton a imaginée entre les couleurs & les tons de musique, n'est pas ce qu'il y a de plus hazardé dans le second livre de son Optique. Je*

¹⁰ Remarquons que les lentilles utilisées dans ces observations sont en verre incolore, ce qui n'est pas le cas pour la lame d'or. Ainsi, la comparaison que fait Paulian entre ces deux matières est quelque peu exagérée.

¹¹ Paulian signale que Voltaire, dans ses *Eléments de philosophie de Newton* (1738), commente de manière élogieuse cette tentative du Père Castel.

n'aurai que trop souvent occasion dans les lettres suivantes de vous présenter de sa part des fictions, au lieu d'explications physiques».

Dans la **troisième partie** du second livre, Paulian souligne que Newton «revient encore sur les couleurs des objets». Il ne comprend pas pourquoi Newton complique encore les choses et dit: *«Je concevois sans peine que des globules différens en masse & en figure ne pouvoient pas être absorbés par les mêmes pores. Je concevois encore plus clairement que ces globules de lumière, doués du ressort le plus parfait, ne pouvoient guères tomber sur des parties solides, sans être réfléchis»*. Newton ajoute que *«tout rayon de lumière qui touche un corps solide, est absorbé ou transmis»*. Autrement dit, poursuit Paulian, s'il ne peut se produire qu'une absorption ou une transmission, la réflexion de la lumière sur le corps solide ne peut avoir lieu... Cependant, Newton ajoute que les globules de lumière ne sont pas réfléchis en «rebondissant» sur le corps solide pour la simple raison et bonne raison qu'*«il n'existe aucun corps qui n'ait des pores sans nombre»*. Comme exemple, Paulian explique que Newton prend l'or qui paraît dense et compact au premier abord mais qui est pourtant facilement traversé par la *«matière magnétique»* et l'eau régale qui le dissout. Pour Newton, il paraît donc évident de penser que l'or, ainsi que tous les autres corps solides, contient bien plus de pores que de matière solide. Pourtant, Paulian ne comprend toujours pas pourquoi les globules lumineux seraient incapables d'être réfléchis par les corps solides et développe alors longuement son raisonnement: *«Car enfin tout corps suppose des parois. Toute paroi suppose des parties solides. Toute partie solide est impénétrable. Donc, ou il faut dire que la lumière n'est pas un corps, ou il faut assurer que tout rayon qui tombe sur les parties solides de quelque objet que ce soit, est réfléchi ; à moins que l'on n'ajoute que toute partie solide de quelque objet que ce soit, est d'une mollesse incompréhensible. Mais dire que la lumière n'est par un corps, c'est-là la plus grande des folies ; ce n'en seroit pas une moins grande, d'assurer que des parties solides du marbre, du métal, de l'ivoire & de cent autres corps de cette espèce sont dénuées de tout ressort à cause d'une mollesse incomparablement plus grande que celle de la cire, de la boue, &c ; donc l'on ne peut pas soutenir que tout rayon de lumière qui touche un corps solide, soit absorbé ou transmis»*. Pour Paulian, si la lumière provenant des corps n'est pas réfléchie (en rebondissant) jusqu'à nos yeux, il serait alors impossible d'expliquer la perception des

couleurs... Cependant, Newton ajoute un complément indispensable à sa théorie en disant que les rayons de lumière se réfléchissent avant d'atteindre la surface du corps grâce «à un pouvoir, à une force répandue dans toute leur surface» et il précise alors ses idées sur la structure microscopique de la surface des corps solides: *«Les surfaces qui nous paroissent les plus unies, sont hérissées dans la réalité d'une infinité d'éminences & d'aspérités qui les rendent incapables de réflexion. Ces éminences & ces aspérités sont des montagnes & des cavités énormes vis-à-vis d'un corps aussi délié que la lumière. Elle se réfléchit cependant dans ces occasions d'une manière très exacte & très régulière, c'est-à-dire, en faisant un angle de réflexion exactement égal à celui d'incidence. Se réfléchiroit-elle de la sorte, si les surfaces des corps y avoient la moindre partie ; & seroit-il possible que le miroir le plus poli nous procurât l'avantage de voir notre véritable image, si ses parties solides renvoyoit à nos yeux les rayons qui sont parvenus jusqu'à elles ? Non sans doute ; ces rayons sont absorbés dans les pores du miroir ; & ceux qui nous portent notre image avec tant de fidélité, sont renvoyés auparavant par une force de toute autre nature»*. Paulian explique que Newton apporte un complément à son raisonnement en disant que, dans le cas de la réflexion de la lumière par un miroir, nous ne voyons qu'une «égalité sensible» entre l'angle d'incidence et l'angle de réflexion, égalité qu'il ne faudrait surtout pas confondre avec l'«égalité géométrique». Enfin, comme *«les rayons de lumière sont réfléchis, avant de toucher la surface des corps»*, Newton ajoute que la décomposition de la lumière doit se faire à l'endroit même où la force réflexive agit sur la lumière, ce qui fait dire à Paulian: *«Le pouvoir que Newton reconnoit dans la matière, non seulement réfléchit, mais encore décompose les faisceaux de lumière qui viennent du Soleil»*. Paulian explique alors: *«Dénué de connoissance, il sçait néanmoins qu'à l'approche du corps rouge, il doit défendre aux rayons les moins réfrangibles de continuer leur route, tandis qu'il doit appeler, pour ainsi dire, les six autres rayons pour les faire absorber ou transmettre, suivant que le corps est opaque ou diaphane»*. Cependant, Paulian n'adopte pas cette vision des choses: *«Je ne mets aucune différence entre pareilles explications, & celles que nous donnoient autrefois les défenseurs des qualités occultes. Il faut avouer que les Grands-Hommes sont d'un moment à l'autre bien différens d'eux-mêmes»*. Paulian en vient alors à aborder les explications de Newton sur la transparence et l'opacité des corps: *«Les différentes lames, ou plutôt les différentes surfaces dont les corps les plus opaques sont composés, sont*

naturellement transparentes...Les corps ne sont opaques, que parce qu'ils ont leurs pores, ou vuides, ou remplis d'un fluide plus ou moins denses qu'eux». Pour illustrer cela, Newton donne les résultats de plusieurs expériences comme celle où il place «au trou d'une chambre obscure une tablette mince de bois, de talc, d'alun, d'albatre, d'ivoire, &c.». L'intérieur de la chambre reste toujours éclairé, ce qui montre bien que les corps sont naturellement transparents. De plus, pour montrer que l'opacité ne se produit que lorsque les pores des corps sont remplis de vide ou d'un fluide plus ou moins dense, Newton considère plusieurs expériences que relate Paulian: «Imbibez un corps d'une matière aussi dense, ou à peu près aussi dense que lui ; d'opaque qu'il étoit, vous le rendrez infailliblement transparent ; témoin le papier, à travers lequel on ne voyoit presque rien, lorsqu'il avoit ses pores remplis d'air, & que la lumière traverse si facilement, lorsqu'il a ses mêmes pores remplis d'eau ou d'huile : témoins encore l'eau & l'huile elles-mêmes ; ces deux fluides, pris chacun en particulier, sont transparens ; mêlés ensemble, ils deviennent opaques : témoin enfin le verre lui-même ; mis en poussières, & par conséquent tout pénétré de bulles d'air, il devient aussi opaque, pour ne pas dire plus opaque que le métal». Paulian résume les idées de Newton sur la transparence et l'opacité des corps: «Les corps transparens sont composés de couches homogènes; sont percés de pores droits, nombreux & disposés en tout sens...il n'y a dans l'intérieur de ces corps aucun intervalle qui sépare les couches les unes d'avec les autres, ou bien...ces intervalles sont remplis d'un fluide aussi dense que les couches elles mêmes...les couches qui composent les corps opaques sont très-hétérogènes, &...les intervalles qui séparent ces couches sont ou vuides, ou remplis d'un fluide plus ou moins dense qu'elles». Enfin, Paulian réaffirme sa façon d'examiner sans aucun parti pris l'œuvre de Newton: «Vous voyez que mon attachement pour Newton ne m'empêche pas d'apercevoir les défauts qu'il y a dans ses ouvrages, & de les relever avec assez de liberté. Je tiendrai la même conduite non seulement dans la lettre suivante, mais encore dans les différens comptes que je vous rendrai de ses autres ouvrages».

La **quatrième partie** du second livre du *Traité d'optique* contient treize observations développées plus ou moins par Paulian qui commence par la première: «Newton fit entrer dans la chambre obscure par un trou d'un tiers de pouce de diamètre, un rayon solaire qu'il fit tomber perpendiculairement sur un miroir concave de verre tiré

d'une sphère de 5 pieds, 11 pouces de rayon. Ce faisceau de lumière n'arrivoit au miroir, qu'après avoir passé par un second trou pratiqué au milieu d'un carton blanc ; & comme ce carton étoit directement opposé au miroir d'où il étoit éloigné de 5 pieds, 11 pouces, le faisceau étoit réfléchi par la surface concave de verre, au dernier des deux trous qu'il avoit traversé. Newton remarqua qu'il se formoit sur le carton des anneaux lumineux...Ils avoient tous pour centre le centre du trou du carton ; & ils n'étoient jamais plus beaux, que lorsque le carton étoit aussi éloigné de la fenêtre, que du miroir, c'est-à-dire, à environ 6 pieds de l'une & de l'autre». Dans la troisième observation, Newton mesure les diamètres des quatre premiers cercles intérieurs et remarque une progression arithmétique de 1, 2, 3 et 4 entre eux. Dans la septième observation, il remplace le miroir de verre par un miroir de métal de même dimension et n'observe alors plus d'anneaux lumineux colorés. Cette dernière observation fait penser à Paulian: *«Le verre, moins poli que le métal, décomposoit la lumière solaire, &...cette décomposition devoit être regardée comme la véritable cause des couleurs des anneaux»*. Cependant, l'interprétation qu'en fait Newton est différente puisque, signale Paulian: *«Il tenta d'expliquer ce phénomène par des principes romanesques dont je vous ai rendu compte au commencement de la lettre précédente. Il dit même là-dessus des choses si incompréhensibles, que je ne pourrais jamais m'imaginer qu'elles fussent d'un aussi grand homme que lui, si je n'avois pas actuellement son Optique sous les yeux»*. Pour finir, Paulian donne les explications de Newton sur les halos, cercles de différentes couleurs qui sont parfois visibles autour du soleil et de la lune: *«Il prétend que nous recevons alors les rayons de l'astre, à travers un nuage composé de globules d'eau, ou de globules de grêle parfaitement égaux entr'eux. Il ajoute que ce nuage décompose la lumière à peu près comme le font nos prismes ordinaires. Il assure enfin que les diamètres des cercles colorés sont d'autant plus grands, ou d'autant plus petits, que les globules dont le nuage est composé ont plus ou moins de grosseur»*.

-Troisième livre-

Cette fois, c'est au tour du chevalier de rendre compte des trente et une questions de physique que Newton place dans la seconde partie du troisième livre du *Traité*

d'optique¹². Le chevalier revient sur l'éloge que Fontenelle avait écrit en 1727 à la mort de Newton dans lequel le secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences donnait son avis sur ces questions. Fontenelle remarque, explique le chevalier, que Newton s'exprime souvent sous forme de doutes ou d'hypothèses, et que, par conséquence, cette partie de l'ouvrage peut être regardée comme une sorte de guide qui regroupe des points de physique à approfondir.

Dans les **questions 1 à 6**, Newton traite du phénomène d'inflexion de la lumière dont la découverte, précise le chevalier, n'est pas de lui: *«En l'année 1660, le P. Grimaldi Jésuite s'aperçut que tout rayon de lumière passant près d'un corps quelconque, par exemple, près d'une lame de couteau, se détournait visiblement de son chemin, pour se courber & s'infléchir sensiblement vers la pointe de la lame»*. Le chevalier explique que Newton racontait souvent cette expérience pour donner une preuve de son attraction ; celle-ci étant, pour lui, la cause des phénomènes de réflexion, de réfraction et d'inflexion de la lumière. Cependant le chevalier pense que seul le ressort peut produire la réflexion de la lumière et il ne voit donc pas *«comment l'attraction peut être regardée comme la cause du ressort»*.

Les **questions 7 à 11** abordent la nature du feu et les effets qui lui sont associés: *«Newton nous fait d'abord remarquer que les soufres sont les corps les plus inflammables que nous connaissons. Il ajoute que tout corps qui contient dans son sein un grand nombre de particules sulphureuses, n'a besoin que d'être agité de telle & telle façon pour donner de la lumière. A cette occasion, il nous met sous les yeux les phosphores les plus renommés, les fermentations les plus fameuses, les corps les plus capables de concevoir l'électricité par frottement»*. Le chevalier remarque que Newton connaissait bien la machine électrique et *«qu'il a tâché plus d'une fois d'interroger la nature par le moyen de cette admirable machine»*. De plus, explique-t-il, Newton *«prétend que tout corps assez échauffé pour donner beaucoup de lumière, devient feu»* et que, par conséquent, la

¹² A noter qu'à cet endroit, l'ouvrage renferme aussi onze observations que le chevalier n'aborde pas car, dit-il: *«Je les ai luës plus d'une fois à tête reposée ; & comme je les ai trouvées encore moins intéressantes que celles que vous avez rapportées dans votre quatrième & sixième lettre, je me suis déterminé à ne pas vous en parler»*. Ibid., p. 72.

flamme peut se définir comme un corps lumineux très échauffé. Sur ce dernier point, le chevalier n'est pas d'accord avec Newton: *«Il a beau porter en preuve de son sentiment une infinité de corps qui donnent de la fumée, après avoir donné de la flamme ; je ne crois pas que vous soyez tenté de suivre son système, lorsque vous me parlerez de la nature du feu. J'ai toujours entendu dire que c'étoit là l'écueil des Physiciens»*.

Le chevalier commente les **questions 12 à 17** où Newton parle de l'action de la lumière sur l'œil. Sur cela, le chevalier explique: *«Tout ce qu'il y avance, est très-raisonnable, très exact, & très-conforme aux loix de la saine physique»*. Il en vient alors à un problème majeur de la théorie newtonienne: *«Newton craignoit toujours, Monsieur, que son grand vuide & son attraction indépendante de toute cause mécanique ne rebutassent bien des Physiciens, & ne les empêchassent d'embrasser son système de Philosophie»*. Pour répondre à la difficulté, le chevalier avertit que Newton image alors: *«Un espèce de plein qu'il voulut faire regarder comme capable de produire la tendance des corps, les uns vers les autres, en raison inverse des quarrés de leurs distances»*.

Dans les **questions 18 à 24**, Paulian relate une expérience réalisée par Newton: *«Il faut prendre deux thermomètres égaux, les suspendre sous deux récipients de verre, tels que sont les récipients de quelque machine pneumatique que ce soit ; ôter l'air du premier récipient, & transporter après cette opération ces deux thermomètres dans un endroit chaud. Le mercure de celui qui se trouve placé dans le vuide, montera autant & aussi-tôt que le mercure de celui que l'on a laissé dans le plein»*. Le résultat lui confirme la présence d'un fluide subtil: *«Il prétend qu'il reste dans le récipient de la machine pneumatique un fluide très-rare & très-élastique, capable de réfracter la lumière, de la réfléchir, & de transmettre la chaleur»*. Cependant, sur cela, le chevalier explique: *«La seule conséquence directe & incontestable que l'on puisse tirer de cette expérience, c'est que les pores du verre laissent passer très-facilement & la matière lumineuse & la matière ignée»*. Par conséquent, dit-il, Newton ne prouve pas ce qu'il avance. Pourtant ce dernier ne s'arrête pas là puisqu'il étend son raisonnement aux espaces célestes: *«Il admet dans les espèces célestes un fluide à peu près semblable, & il veut qu'il soit d'autant plus dense, qu'il se trouve à une plus grande distance du Soleil»*. La variation de la densité du fluide en fonction de sa distance avec le soleil permettrait de comprendre pourquoi les

planètes sont «attirées» vers l'astre central puisqu'«elles tendront continuellement à passer d'un fluide plus dense dans un fluide plus rare». Mais cette dernière explication, avertit le chevalier, soulève de nombreuses questions: «Par quel Mécanisme leur fluide devient-il d'autant plus dense, qu'il s'éloigne plus du Soleil ? Pourquoi cette densité suit-elle la raison directe des carrés des distances à ce astre ; car si elle n'augmente pas en cette proportion, l'on n'expliquera jamais la tendance des Planètes vers le Soleil en raison inverse des carrés des distances ? Comment rendra-t-on raison, dans l'hypothèse que propose Newton, de la gravitation mutuelle des corps ?» Sur toutes ces questions, le chevalier indique que Newton ne dit rien mais se contente d'ajouter sur «cet espèce d'éther»: «Est-ce que la résistance qu'opposera ce milieu, ne pourra pas être assez petite pour être comptée, ou, pour rien, ou, comme pour rien ? En effet représentons-nous cet éther comme sept cent mille fois plus élastique & sept cent mille fois plus rare que l'air que nous respirons ; dès-lors la résistance qu'il opposera aux corps solides qui le traverseront, sera plus de six cent millions de fois moindre que celle de l'eau. Or à peine une résistance aussi insensible pourroit-elle causer pendant dix mille ans le moindre dérangement sensible aux mouvements des Planètes». Enfin, en s'adressant à celui qui pourrait douter de son hypothèse, Newton fournit d'autres exemples de nature où les faits paraissent tout aussi incompréhensibles: «Comprend-il comment l'air de la région supérieure de l'atmosphère terrestre est plus de cent millions de fois plus rare que l'or ? Comprend-il comment le corps électrique peut faire pendant plusieurs heures des pertes très-sensibles, sans être diminuer sensiblement de son poids ; ne faut-il pas que le fluide qu'il envoie de son sein, soit d'une rareté plus qu'incompréhensible ? Comprend-il enfin quelle est la rareté du fluide magnétique ; ne faut-il pas qu'il soit, pour ainsi dire, infiniment rare, pour traverser l'or & les corps les plus denses avec une aussi grande facilité ?»

Dans les **questions 25 à 27**, Newton examine le cristal d'Islande, roche transparente qui possède la propriété de produire une double réfraction de la lumière. Le chevalier rend compte des principales expériences¹³ réalisées avec un seul ou deux

¹³ « 1°. Un rayon de lumière tombant sur une des surfaces de ce cristal, se partage en deux...4°. Des deux rayons qui se sont formés du rayon incident, l'un souffre une réfraction régulière, l'autre une réfraction irrégulière. Newton a mesuré très exactement la première. Il a trouvé que, lorsque la lumière passe de l'air

morceaux de cristal d'Islande superposés, expériences qui ont fait dire à Huygens: *«La Nature a eu peur que ce Cristal ne fut pas une énigme assez inexplicable pour les Philosophes, & qu'elle l'a chargé à plaisir d'obscurités & de difficultés»*. Newton propose une explication: *«Il prétend que chaque rayon de lumière a 4 côtés, deux desquels ont la propriété de faire réfracter le rayon d'une manière régulière, lorsque que l'un des deux est tourné vers telle partie du Cristal d'Islande»*. Cependant, le chevalier trouve que *«l'explication que Newton a donnée de ces phénomènes ne lui fait honneur»* et il ajoute: *«Personne, je vous l'assure, n'a encore été tenté de l'adopter»*. Le chevalier propose alors *«quelques conjectures»* à partir de ce qui vient d'être dit et imagine alors une structure particulière propre au cristal d'Islande: *«1°. Ce cristal pourroit bien être composé de parties très-hétérogènes, dont les uns causassent la réfraction que Newton appelle régulière, & les autres celle qu'il appelle irrégulière. 2°. Les couches de ce Cristal pourroient bien n'être pas exactement parallèles. Ainsi, continue-t-il, si deux cristaux sont disposés avec leurs faces parallèles: «[Ils] peuvent être regardés comme un même morceau. Les deux rayons de lumière doivent donc souffrir dans le second les mêmes réfractions que dans le premier»*. De même, il ajoute que si deux cristaux d'Islande sont disposés de façon perpendiculaire: *«On ne peut guère les regarder comme un même morceau»*. Pour finir, il explique: *«Si les deux rayons venus d'un seul rayon, font échange de leurs réfractions, en passant du Cristal supérieur dans l'inférieur, l'on peut conjecturer qu'aucun d'entre eux ne trouve dans celui-ci des parties semblables à celles qu'il a trouvées dans celui-là»*.

La 28^{ème} question traite de la résistance des milieux. Le chevalier précise que Newton considère deux sortes de résistances: l'une due à la cohésion des parties du fluide à désunir et l'autre liée à la quantité de matière à déplacer. La première sorte de résistance

dans ce Cristal, le Sinus d'incidence : au Sinus de réfraction :: 5 : 3. Il ne nous a pas marqué la proportion qui suit la réfraction irrégulière ; sans doute qu'elle n'en suit point de constante. 5°. Si vous posez deux morceaux de ce Cristal, de sorte que les côtés de l'un soient parallèles aux côtés de l'autre, un rayon qui se sera partagé en deux dans le premier cristal, & qui aura fait une réfraction régulière & une irrégulière, ne se partagera plus en entrant dans le second ; ces deux rayons souffriront encore comme dans le premier, l'un une réfraction régulière, l'autre une réfraction irrégulière...6°. Lorsque les plans du premier morceau de cristal sont perpendiculaires aux plans du second morceau, les deux rayons venus d'un seul rayon, en passant du Cristal supérieur dans l'inférieur, font échange de leurs réfractions». Ibid., pp. 87-89.

est souvent négligeable comme pour l'eau et le mercure, la seconde est proportionnelle à la densité du fluide puisqu'il est impossible de trouver *«un fluide qui n'offre pas des parties à déplacer, & qui n'oppose pas d'autant plus de résistance à ce déplacement, que ces parties sont & plus massives, & en plus grande nombre»*. Newton imagine aussi la conséquence sur le mouvement des planètes que produirait un espace céleste rempli d'un fluide dense comme l'eau ou le mercure: *«S'ils sont parfaitement pleins, un globe de la nature de nos Planètes perdra toute sa vitesse, lorsqu'il aura parcouru dans ces espaces immenses la longueur de quelques-uns de ses diamètres»*. Le chevalier signale que c'est avec ce raisonnement que les newtoniens ont tiré leur *«grand argument des comètes»* pour balayer la théorie des tourbillons de Descartes. Il explique encore que Newton *«fait l'éloge des Philosophes Grecs & Phoeniciens qui ont admis le vuide & les atômes, & qui, pour expliquer la gravité de ces corpuscules inaltérables, n'ont pas eu recours à un fluide dense, ni à une cause quelconque immédiate & mécanique»*. Newton soumet aussi une liste de questions de physique non résolues jusqu'à présent: *«Qu'y a-t-il dans ces espaces que nous regardons comme presque vuides ? D'où vient la gravitation mutuelle du Soleil & des Planètes ?»* Le chevalier relève encore dans la 28^{ème} question: *«[Newton] veut que des principaux phénomènes de la nature l'on tire une démonstration claire & palpable de l'existence d'un Etre infiniment parfait»*. Sur cela, le chevalier dit adhérer à la vision newtonienne de la science et il ajoute: *«La véritable Philosophie est celle qui nous conduit de la connoissance des causes secondes à la connoissance de la cause première»*. Le chevalier rend compte d'une partie de la 29^{ème} **question** de Newton qui concerne *«la cause physique de la différente réfrangibilité des rayons de lumière»*: *«Newton l'attribue à la différence de molécules dont ces rayons sont composés. Il prétend que les molécules les plus grosses appartiennent au moins réfrangible des 7 rayons ; les molécules les plus petites à celui qui l'est le plus ; & les molécules moyennes à celui qui tient le milieu entre les 7 rayons primitifs»*. La raison en est d'autant plus simple, explique le chevalier, que *«plus une molécule est grosse, plus il est difficile de la déplacer, & de lui faire quitter son ancienne direction»*.

Pour le chevalier, la 30^{ème} **question** ne contient que des choses absurdes: *«Newton y prétend que les corps les plus massifs se changent assez souvent en lumière, & que la lumière à son tour se change en corps massif»*. Dans cette question, Newton donne

d'autres exemples de «métamorphoses» dans la nature: *«Il nous fait remarquer que l'eau qu'il regarde comme un sel très-fluide, se change tantôt en vapeur, c'est-à-dire, en air ; tantôt en glace, c'est-à-dire, en pierre. Il ajoute que la terre se change en feu, l'argent vif en sel fluide, les œufs en animaux &c.»*. Cependant, le chevalier ne croît pas en cela: *«De pareilles rêveries ne méritent pas d'être réfutées ; je ne sçais à quoi pensoit Newton, lorsqu'il les a écrites»*.

Au début de sa **31^{ème} question**, le chevalier précise ce que Newton entend par attraction à distance: *«[Il] n'emploie le nom d'attraction, que pour signifier un fait dont la cause lui est inconnue, un fait qui peut-être doit son existence à l'impulsion»*. Le chevalier trouve le raisonnement de Newton contradictoire puisque ce dernier avait fait, dans la dixième question, l'éloge des philosophes Grecs et Phéniciens qui, *«pour expliquer la gravité de la matière, n'ont eu recours à aucune cause immédiate & mécanique»*. Newton introduit alors deux types d'attractions: *«L'une en raison inverse du carré, l'autre en raison inverse des cubes, ou peut-être même des carrés-carrés des distances»*. Il affecte ces types d'attractions à des familles particulières de phénomènes: *«Il attribue à la première la plupart des grands effets de la nature, ces effets sur-tout que tout le monde voit, ces effets qui s'opèrent dans un espace que tout le monde peut mesurer, comme la gravité, le magnétisme, l'électricité &c. Il veut que la seconde soit la cause de ces effets qui sont produits à de très-petites distances, comme la dureté des corps élémentaires, les fermentations &c.»* Pour prouver l'existence de ce second type d'attraction, Newton invoque certaines réactions chimiques: *«L'eau forte, dit-il, dissout l'argent & ne dissout pas l'or ; l'eau régale au contraire dissout l'or & ne dissout pas l'argent. Voilà des faits incontestables. Ne peut-on pas dire que ces deux fluides sont assez subtils, pour pénétrer l'un et l'autre le métal ; mais que l'eau forte n'a pas l'attraction qu'il faudroit pour s'introduire dans les pores de l'or, & l'eau régale l'attraction qu'il faudroit pour s'introduire dans les pores de l'argent ?»* Le chevalier explique que Newton reprend une expérience faisant intervenir un baromètre: *«L'on a du vif argent exactement purgé d'air. L'on en remplit le tube, en prenant garde qu'il y ait une parfaite continuité, non-seulement entre les parties du vif argent, mais encore entre le vif argent & le verre. L'on remet le baromètre dans sa situation ordinaire ; & l'on voit, que le vif argent demeure suspendu à la hauteur à laquelle on eu soin de le faire monter»*. Ainsi, pour Newton, si le fluide reste suspendu, c'est qu'en plus de la pression de l'air qui

agit sur lui, il subit aussi une attraction de la part du verre qui l'empêche de retomber. Cependant, le chevalier rejette cette explication du phénomène: *«Il faut, Monsieur, être né attractionnaire, pour se contenter de pareilles preuves. Pour moi je n'apperçois dans tout ceci qu'une adhérence du mercure aux parois intérieures du tube en verre que l'on n'a pas eu sans doute soin de nettoyer exactement ; & toutes les fois que je pourrai rapporter un effet à une cause immédiate & mécanique, je me garderai bien de l'expliquer d'une manière inintelligible»*. Newton explique aussi d'autres effets de la nature, comme la réflexion et le ressort, sans recourir à l'attraction mais en invoquant des lois générales de répulsions: *«Il y a, dit-il, dans l'algèbre des quantités affirmatives & des quantités négatives : donc il y a dans la nature des loix d'attraction & des loix de répulsions...Les mouches se promènent sur la surface des eaux, sans se mouiller les pieds ; donc il y a dans l'eau une véritable force répulsive...Quelques polis que soient deux morceaux de marbre, il est difficile de les unir de manière qu'on ne puisse pas les séparer ; donc il y a dans ces marbres une véritable force répulsive»*. Cependant, le chevalier ne pense pas que cela prouve l'existence d'une force répulsive dans la nature: *«Je n'oserois pas apporter pareilles preuves à des Physiciens de deux jours ; je craindrois qu'ils ne me payassent d'un éclat de rire, & qu'ils ne me regardassent comme un homme qui vient leur compter des sornettes»*. A la fin de la 31^{ème} question, Newton loue son nouveau système de physique dans lequel, dit-il: *«Tous les mouvements dépendront d'une seule et même cause. La première espèce d'attraction produira les grands mouvements ; la seconde les petits : & lorsque les phénomènes seront trop compliqués, la même force aura le pouvoir de se métamorphoser, d'attractive qu'elle étoit, en répulsive»*. Cependant, ce système de Newton fait dire au chevalier: *«S'il faut, pour être Newtonien, adopter toutes ces folies, je vous déclare, Monsieur, que je ne veux pas quitter le parti de Descartes, & que je renonce de grand cœur à Newton & au Newtonianisme»*.

Dans sa réponse, Paulian reconnaît aussi que les 31 questions de Newton sont sujettes à de nombreux défauts: *«Ainsi ne craignez pas que ces Principes imaginaires contre lesquels vous vous êtes élevé avec tant de force, fassent jamais partie du système mixte que je vous proposerai dans le dernier volume de cet Ouvrage. Je sçais qu'il faut quelquefois en Physique en venir aux loix de la Nature. Mais je sçais aussi qu'on n'a droit à ce recours, lorsque l'existence d'un effet est bien constatée & qu'il est impossible*

d'apporter aucune cause mécanique & immédiate de cet effet». Cependant, Paulian pense qu'il ne faut pas «*confondre la Physique de Newton avec celle que renferment ses 31 questions d'Optique*» et il ajoute: «*Un homme ne prétend pas dogmatiser, lorsqu'il donne, comme de purs doutes, quelques pensées qui lui sont venues à l'esprit, & qu'il n'a pas eu le temps de creuser*».

2- Principes mathématiques de la philosophie naturelle

Pour introduire cet ouvrage connu de Newton, Paulian utilise une fois de plus l'éloge¹⁴ que Fontenelle avait écrit à la mort du physicien: «*En 1687 Mr. Newton se résolut enfin à se dévoiler, & à révéler ce qu'il étoit. Les Principes Mathématiques de la Philosophie naturelle parurent. Ce Livre, où la plus profonde géométrie sert de base à une Physique toute nouvelle, n'eut pas d'abord tout l'éclat qu'il méritoit & qu'il devoit avoir un jour. Comme il est écrit très sçavamment, que les paroles y sont fort épargnées, qu'assez souvent les conséquences y naissent rapidement des principes, & qu'on est obligé de suppléer de soi-même tout l'entredeux, il falloit que le public eut le loisir d'entendre un Ouvrage où les plus grands Géomètres ne sont que trop souvent arrêtés. Mais enfin tous les suffrages ont éclaté de toute part en sa faveur, & n'ont formé qu'un cri d'admiration. Tout le monde a été frappé de l'esprit original qui y brille, & de cet esprit créateur, qui, dans toute l'étendue du Siècle le plus heureux, ne tombe guère en partage qu'à trois ou quatre hommes pris dans toute l'étendue des Païs sçavants*»¹⁵. Bien que, dit-il, de nombreux points de l'ouvrage ont déjà été exposés dans la partie du *Traité de paix entre Descartes et Newton* consacrée à «*l'opuscule de Newton sur le*

¹⁴ Fontenelle, «Eloge de Isaac Newton», *Histoire de l'Académie royale des Sciences de 1727, 1729*, pp. 151-171.

¹⁵ Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 2, pp. 247-286, pour cette citation et les suivantes.

système du monde ¹⁶», Paulian sollicite néanmoins le chevalier pour qu'il donne un compte-rendu de l'ouvrage ¹⁷.

-Définitions-

Dans sa réponse, le chevalier précise que l'ouvrage de Newton débute par les huit définitions suivantes: 1°. *«La quantité de Matière a pour mesure le produit de la densité par son volume»*. 2°. *«La quantité de mouvement est le produit de la masse par la vitesse»*. 3°. *«La force d'inertie qui réside dans la matière, est le pouvoir qu'elle a de résister au changement d'état»*. 4°. *«La Force imprimée est l'action par laquelle l'état du corps est changé, soit que cet état soit le repos, ou le mouvement uniforme en ligne droite»*. 5°. *«La force centripète est celle qui fait tendre les corps vers un centre, soit qu'ils soient tirés ou poussés vers ce centre, ou qu'ils y tendent d'une façon quelconque»*. 6°. *«La quantité absolue de la Force centripète est plus ou moins grande, selon l'efficacité de la cause qui la propage du centre»*. 7°. *«La quantité de la Force centripète accélératrice n'est pas distinguée de la vitesse que reçoit le corps pour tomber»*. 8°. *«La quantité de la Force centripète motrice est le produit de la vitesse accélératrice par la masse du corps qui tombe, ou qui tend à tomber»*. Pour chacune des définitions précédentes, le chevalier ajoute un bref commentaire. Pour la première définition, il précise que la masse *«n'est jamais distinguée de la quantité de matière»*. Il fait remarquer que la deuxième définition de Newton a été l'objet d'une controverse avec Leibniz sur les forces vives qu'il développe longuement. Concernant la troisième définition, le chevalier explique: *«Newton, pour nous faire sentir que cette Force est essentielle aux corps, la nomme vis insua»*. Ainsi, le chevalier ajoute que Newton regarde cette force comme étant proportionnelle à la quantité de matière. Il remarque encore que Newton nomme, dans sa quatrième définition, la force imprimée, *«vis impressa»* puisqu'elle est intrinsèque aux corps. De plus, cette dernière force *«consiste uniquement dans l'action»* et *«ne subsiste*

¹⁶ Nous n'avons pas étudié cette partie qui traite essentiellement du système astronomique de Newton dans la mesure où Paulian ne cherche pas, sur ce sujet, à concilier les physiques de Newton et de Descartes.

¹⁷ Précisons que, par la suite, nous indiquerons toujours, qui, de Paulian ou de son correspondant fictif, intervient afin de donner une retranscription fidèle des contenus.

plus, dès que l'action vient à cesser». Le chevalier signale à la suite de la cinquième définition: *«La Gravité est donc une véritable Force centripète, puisqu'elle fait tendre les corps sublunaires vers le centre de la Terre»*. De plus, dit-il, cette dernière force *«consiste uniquement dans l'action»* et *«ne subsiste plus, dès que l'action vient à cesser»*. Il explique alors: *«La Gravité est donc une véritable Force centripète, puisqu'elle fait tendre les corps sublunaires vers le centre de la Terre»*. Il ajoute, avec la sixième définition: *«Sans cela l'effet ne seroit pas proportionnel à la cause»*. Le chevalier explique que la vitesse liée à la force centripète accélératrice de la septième définition est appelée *«accélératrice»* car, dit-il: *«Plus un corps s'approche du centre de son mouvement, plus grand est l'espace qu'il parcourt dans un tems donné»*. Enfin, il développe la huitième définition: *«La Force centripète accélératrice est à la Force centripète motrice, ce que la vitesse est au mouvement. Mais la quantité de mouvement est le produit de la masse par la vitesse (définition 2); donc la quantité de la Force centripète motrice doit être le produit de la vitesse accélératrice par la masse du corps qui tombe, ou qui tend à tomber»*. Concernant le scholie qui suit les huit définitions précédentes, le chevalier précise: *«C'est une espèce de dissertation métaphysique sur le Tems, l'Espace, le Lieu & le Mouvement»*. Cependant, à ce propos, il annonce: *«Je me garderai bien de vous en envoyer l'abrégé. Je me rappelle que, dans la vie littéraire de Descartes, je fis main basse sur pareilles Questions»*.

PRINCIPES MATHÉMATIQUES

DE LA

PHILOSOPHIE NATURELLE,

Par feu Madame la Marquise DU CHASTELLET.

TOME PREMIER.



A PARIS,

Chez { DESAINT & SAILLANT, rue S. Jean de Beauvais.
LAMBERT, rue & à côté de la Comédie Française,
au Parnasse.

M. D. C C. L V I.

AVEC APPROBATION, ET PRIVILEGE DU ROI.

Page titre des *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* de Newton

-Règles générales du mouvement-

Le chevalier présente les trois règles générales du mouvement de Newton et commence par la première: *«Tout corps persévère dans l'état de repos ; ou de mouvement uniforme en ligne droite, selon qu'il se trouve dans l'un ou dans l'autre de ces deux états, à moins que quelque force n'agisse sur lui & ne le contraigne à passer du repos au mouvement, ou du mouvement au repos»*. Le chevalier ne trouve rien à redire sur cette loi: *«Elle contient les deux premières de Descartes, que nous avons admises sans contestation, & que nous avons expliquées assez au long»*. La deuxième loi est énoncée ainsi: *«Les changements qui arrivent dans le mouvement, sont proportionnels à la Force motrice qui les occasionne, & ils se font dans la ligne droite selon laquelle cette force a été imprimée»*. Pour le chevalier, cette nouvelle loi est suffisamment explicite et ne nécessite aucun complément: *«Tout le monde sçait que l'effet est proportionnel à la cause»*. La troisième loi, stipulant que *«la réaction est toujours égale & contraire à l'action»*, ne convient pas au chevalier: *«Newton, pour nous faire adopter cette loi, nous dit que tout corps qui presse, ou tire un autre corps est en même tems tiré, ou pressé lui-même par cet autre corps. Il ajoute que si on presse une pierre avec le doigt, le doigt est pressé en même tems par la pierre. Il me paroît, Monsieur, que ces deux exemples prouvent seulement qu'il n'y a jamais d'action sans réaction en sens contraire ; mais je ne vois pas qu'ils prouvent l'égalité de l'action & de la réaction»*. Prenant l'exemple d'une pierre tirée par un cheval et étant donné que *«la réaction de la pierre cède à l'action du cheval»*, le chevalier énonce différemment la troisième loi du mouvement: *«La réaction est toujours égale & contraire à l'action détruite»*. Ainsi, poursuit-il: *«Un cheval, par exemple, qui a 200 de force tirera une pierre qui a 100 de résistance ; mais comment la tirera-t-il ? Avec 100 de force seulement ; donc l'action détruite est 100. Mais la réaction de la pierre est 100 ; donc la réaction est toujours égale & contraire à l'action détruite»*. Le chevalier reprend alors le corollaire qui lui semble le plus intéressant parmi les six que déduit Newton de ses trois lois: *«Un corps poussé en même tems horizontalement & perpendiculairement, parcourra une ligne oblique qui seroit la diagonale d'un parallélogramme qui auroit pour hauteur la ligne suivant laquelle le corps a été poussé perpendiculairement, & pour largeur ou pour base la ligne suivant laquelle ce même corps a été poussé horizontalement»*. Ce qui précède convient au

chevalier, bien que, dit-il: *«Il me paroît, Monsieur, que ce corollaire dépend plutôt de la Force d'inertie dont je vous ai parlé dans la définition 3 de ma lettre précédente, que des loix générales du mouvement»*. Le chevalier explique que les autres corollaires et le scholie qui suit traitent de *«la plupart des règles du Mouvement qui s'observent dans le choc des corps durs, élastiques & mous, & [de] l'explication des Machines les plus simples de la Méchanique»*. Sur ce passage de l'ouvrage, le chevalier donne son avis: *«Je ne l'aurois pas compris, si je n'avois pas sçu toutes ces règles, avant que votre Newton ait affecté de se rendre obscur. Si cela continue ; j'apprendrai la Physique Newtonienne dans le compte que vous venez de me rendre de son opuscul sur le sistème du Monde. Il y a 8 à 10 jours que j'étudie la section première du livre premier des Principes ; je n'ose pas vous dire que je n'y entends presque rien»*.

- Scholie général-

Dans sa réponse, Paulian précise qu'il n'est pas surprenant d'avoir des difficultés à comprendre la section première du premier livre des *Principes* car, dit-il: *«Elle suppose la science du calcul des fluxions dont je sçais que vous n'avez aucune idée»*. Paulian signale que ce sujet sera traité par la suite: *«J'espère vous en dire assez, pour vous mettre en état de comprendre les Lemmes qui vous ont arrêté pendant si long-tems»*. Paulian en vient alors au contenu du scholie général: *«Newton, après nous avoir mis sous les yeux l'arrangement admirable du Soleil, des Planètes & des Comètes, nous fait remarquer que cet arrangement ne peut être que l'ouvrage d'un Etre tout puissant & intelligent. Cet être infini, dit-il, gouverne tout, comme le Seigneur de toutes choses. Sa puissance suprême s'étend non-seulement sur des Etres matériels, mais sur des Etres pensans qui lui sont soumis ; sur des Etres dont l'Ame n'a pas des parties successives comme la durée, ni des parties coexistantes comme l'espace. Dieu est présent par-tout, non seulement virtuellement, mais substantiellement, car on ne peut agir où l'on n'est pas...Il n'a point de corps, ni de forme corporelle ; ainsi il ne peut être ni vu, ni touché, ni entendu. Nous avons des idées de ses attributs, mais nous n'en avons aucune de sa substance. Nous le connoissons seulement par ses propriétés & ses attributs, par la structure très sage & très excellente des choses, & par leurs causes finales ; nous l'admirons à cause de ses perfections ; nous le révérons & nous l'adorons à cause de son empire ; car un Dieu sans*

providence, sans empire, & sans causes finales, ne seroit autre chose que le Destin & la Nature». Enfin, Paulian invite à suivre cette démarche de Newton et il ajoute: «Je vous exhorte, mon cher Chevalier, à faire lire cette lettre aux Athées, aux Déistes & aux Matérialistes dont ce malheureux siècle n'est que trop fourni. Ils apprendront que leurs systèmes impies & extravagants sont incompatibles avec le véritable Newtonianisme».

-Calcul des fluxions-

Paulian en vient au calcul des fluxions de Newton: *«Le livre des Principes mathématiques de la Philosophie naturelle est fondé sur ce calcul sublime qui n'est pas distingué du calcul différentiel»*. Il fait remarquer que cette méthode de calcul mathématique a été l'objet d'une vive controverse scientifique: *«Newton trouva cette admirable méthode, en l'année 1669, & 3 ans après il la communiqua aux sçavans par une lettre qui devient dans la suite la principale pièce d'un fameux procès. En l'année 1684, Leibnitz donna, dans les Actes de Leipsick, les règles du calcul différentiel. Keil l'accusa de les avoir prises de Newton ; & la Société Royale de Londres, à qui il parut démontré que Leibnitz avoit eu pendant long-tems entre les mains la lettre dont je viens de parler, décida que Keil n'étoit pas un calomniateur, & qu'il avoit eu raison de dire que Leibnitz avoit donné sous d'autres noms & d'autres caractères le calcul des Fluxions inventé par Newton»*. Paulian précise que Newton appelle «Fluente» ce que Leibniz nomme «différence infiniment petite» ou encore, que «celui-là marque par un point mis au-dessus de la lettre qui représente la vitesse qui a flué, c'est-à-dire, qui a augmenté d'une quantité infiniment petite, celui-ci le marque par un «d» mis à côté de la quantité variable qui a augmenté d'une quantité infiniment petite». Il fait remarquer que Fontenelle, dans son éloge de Newton, accordait l'antériorité de cette découverte au savant anglais. Afin de mieux suivre les «Lemmes de la section première du livre des Principes», Paulian expose les notions de base du calcul différentiel: *«1°. ...Dans la Géométrie sublime l'on tient une route un peu différente; l'on examine comment telle, ou telle grandeur a été produite, & l'on en déduit les relations qu'elles ont les unes avec les autres, en comparant les Puissances qui ont concouru à leur formation. On se représente toujours toute quantité finie, comme composée d'un nombre infinie de parties infiniment*

petites. On pousse bien plus loin la division ; on se représente un infiniment petit du premier ordre comme composé d'un nombre infini de parties infiniment petites appartenant à un infiniment petit du second ordre, & ainsi des autres ordres d'infiniment petits. Une part infiniment petite de la grandeur x s'appelle dx ... Les fractions $1/\infty$, $1/\infty^2$, $1/\infty^3$ &c. marquent des infiniment petits du premier, second, troisième ordre &c. 2°. Une quantité augmentée ou diminuée de sa différence, c'est-à-dire, d'une de ses parties infiniment petites, est sensiblement la même. Ainsi $x + dx = x$; & $x - dx = x$. $1/\infty + 1/\infty^2 = 1/\infty$. De même $1/\infty - 1/\infty^2 = 1/\infty$ ». Pour montrer que les approximations précédentes sont tout à fait envisageables, Paulian reprend quelques points du Cours de Mathématique de Wolf ¹⁸: «Lorsqu'on prend, dit-il, la hauteur d'une montagne, fait-on attention à un grain de sable que le vent peut enlever de dessus son sommet ? Lorsque les Astronomes nous parlent des Etoiles fixes, ne négligent-ils pas le diamètre de la Terre dont la valeur est d'environ trois mille lieues ? Lorsqu'ils calculent les éclipses de Lune, ne regardent-ils pas la Terre comme sphérique, & par conséquent ont-ils égard aux maisons, aux tours, aux montagnes qui se trouvent sur la surface. Or tout cela est beaucoup moins à négliger que dx , puisqu'il faut un nombre infini de dx pour faire un x ; donc le calcul différentiel, ou infinitésimal est dans le fond le plus sûr des calculs». De même, Paulian explique: «Wolf, pour prouver qu'il peut y avoir des infiniment petits dont les uns soient infiniment plus grands que les autres, nous fait remarquer que le diamètre de la Terre, infiniment petit, comparé à la distance qui se trouve entre les Etoiles & Nous, est comme infiniment grand, si on le compare avec la hauteur de nos montagnes ordinaires». Pour s'initier à cette nouvelle méthode mathématique, Paulian propose alors «de trouver par le calcul infinitésimal l'aire d'un triangle rectangle ABE». Une fois cet exercice fait et continuant son initiation au calcul infinitésimal, Paulian précise que cette géométrie fait intervenir une notion de mouvement dont est exempte la géométrie classique: «3°. ...les quantités sont supposées accrues, ou diminuées, ou totalement produites par le mouvement, ou par une fluxion analogue au mouvement. Cette fluxion ne peut être que la vitesse, ou cette puissance qui fait parcourir au mobile un certain espace dans un certain tems. Les lignes sont conçues produites par le mouvement des points ; les surfaces par le mouvement des lignes ; & les solides par le mouvement des surfaces». Enfin, concernant la formation des angles, Paulian explique: «4°. ...La première fluxion de deux points qui partent du même

¹⁸ Cours de Mathématique de Christian Wolf (3 vol., 1747).

endroit pour former un angle, en s'éloignant l'un de l'autre, s'appelle la première raison...La dernière fluxion de deux points qui viennent par différens chemins au même endroit, pour y former un angle, se nomme la dernière raison». Il peut alors énoncer les onze lemmes contenus dans la première section du livre premier des *Principes* de Newton. Pour chaque lemme, Paulian ajoute un petit commentaire et pour facilité leur compréhension, quelques figures sont placées à la fin de l'ouvrage. Enfin, sur ces lemmes qui sont regardés par Newton comme étant «l'Ame de son livre des *Principes*», Paulian remarque: «Je ne blâme pas sa méthode ; mais je vous assure que l'on peut, sans leur secours, démontrer ce qu'il y a de plus essentiel dans cet ouvrage, & peut-être même plus clairement qu'il ne la fait par le calcul infinitésimal. Je ne m'en suis servi qu'une seule fois dans le second livre de sa vie littéraire ; & cependant j'y ai traité tout ce qu'il y a de plus difficile & de plus sublime dans la Physique de Newton».

Pour finir notre étude du deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, examinons les commentaires du chevalier sur quelques opuscules de Newton¹⁹ traitant de diverses questions de physique dont certaines sont à mettre en lien avec ce qui a été dit précédemment.

3- Divers opuscules de Newton

Le chevalier commente le vingtième opuscule de Newton où est abordé le mode d'action des acides sur les corps. Newton définit les acides de la sorte: «*Des corpuscules plus massives que les particules aqueuses, & plus déliés que les particules terrestres. Il leur donne à chacun une attraction active & passive des plus fortes, active vis-à-vis des corps qui sont moindres en masse, & passive vis-à-vis [de] ceux qui sont plus gros en masse qu'eux*»²⁰. Grâce à l'attraction, les acides sont capables, pense Newton: «*[De] s'assembler avec impétuosité autour des pierres, des métaux, des corps les plus durs, [de]*

¹⁹ Ces différents opuscules proviennent du *Recueil des opuscules de Newton* publié en latin par Jean Castillon en 1744.

²⁰ A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, tome 2, 1763, p. 287-333, pour cette citation et les suivantes.

s'insinuer dans leur sein, les agiter, les diviser, les mettre en un million de pièces». Cependant, le chevalier fait remarquer que ce n'est pas parce-qu'«*il n'est pas possible de rapporter tous ces effets à des causes immédiates & mécaniques*», qu'il faut forcément recourir à l'attraction car, dit-il: «*[Elle] ne seroit pas si forte, si elle ne se faisoit qu'en raison inverse des quarrés des distances, &...seroit insoutenable, si elle se faisoit suivant quelque'autre loi*». De plus, le chevalier se range derrière une grande majorité de chimistes qui considèrent les acides comme: «*Des corps roides, longs, pointus, tanchans & tout-à-fait propres à s'insinuer par une infinité d'endroits dans des espèces de guaines, ou de corps poreux & spongieux*». Cependant, le chevalier signale que cette dernière explication ne donne pas «*la cause qui pousse avec une vitesse presque'infinie les uns dans les autres*».

Commentant l'article XXXI du dix-neuvième opuscul²¹ sur les tables des réfractions astronomiques, le chevalier rappelle qu'«*un rayon de lumière qui passe obliquement d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense, se réfracte en s'approchant de la perpendiculaire*». Avant d'aborder la table des réfractions astronomiques dressée par Newton, le chevalier revient sur l'explication du phénomène de réfraction et donne alors son sentiment à ce sujet: «*La réfraction de la lumière dépendoit évidemment des loix générales de l'attraction. C'est un corps infiniment petit sur lequel nos corps terrestres ont une action très sensible. Un milieu plus dense l'attire donc plus qu'un milieu plus rare ; elle doit donc se réfracter vers la perpendiculaire, lorsqu'elle passe obliquement d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense...Lorsqu'on n'aura recours à l'attraction, que dans ces sortes d'occasions, il n'est pas à craindre que le commun des Physiciens le trouve mauvais*». Toutefois, il faut admettre, remarque le chevalier, que, jusqu'à présent, personne n'a été capable de dire «*à quelles causes secondes on pourroit rapporter ces phénomènes*²²». Il donne la table des réfractions astronomiques de Newton et précise qu'elle «*n'est bonne que pour l'Angleterre*» puisque la réfraction dépend du lieu d'observation sur Terre. Il commente aussi la table des réfractions astronomiques de l'abbé de la Caille déterminée à Paris, plus complète, dit-il, que celle de Newton

²¹ Castillon Jean, *Isaaci Newtoni...Opuscula mathematica, philosophica et philologica*, 1744, t. 2, p. 409.

²² Cette affirmation est inexacte puisque, par exemple, Descartes avait attribué la cause (seconde) des couleurs aux différentes vitesses de rotation des globules de lumière.

«*puisque'elle donne la Réfraction d'un Astre, à l'élévation de 89 degrés*» (celle de Newton allait seulement jusqu'à 75°). Afin de tenir compte de la température et de la pression atmosphérique, l'abbé de la Caille qui avait «*observé qu'un pouce d'augmentation dans la hauteur du Baromètre produit une 27^e partie de la réfraction marquée dans sa Table*» et que «*dix degrés d'abaissement dans le thermomètre produisent le même effet*», dresse quatre tables des réfractions astronomiques. Enfin, le chevalier donne une remarque de M. de la Lande prise dans l'ouvrage intitulé *Dans la connoissance des mouvements célestes*: la correction qu'apporte l'abbé de la Caille avec sa table ne peut «*guère s'appliquer à des hauteurs plus petites que 6 degrés...Les vents, les vapeurs, les nuages, les fumées y jettent probablement une trop grande complication*».

Dans le vingt et unième opusculé, le chevalier commente la table réalisée par Newton donnant les «degrés de chaleur» de différents corps. Mais avant cela, le chevalier donne quelques remarques qui, dit-il, «*ne seront pas inutiles à ceux qui voudront sçavoir comment cette Table a été dressée*». Ainsi, il explique: «*Le feu agité d'un mouvement très rapide en tout sens, est la cause de la chaleur*». De plus, «*le froid absolu est physiquement impossible*» car, dit-il: «*Un corps absolument froid devrait ne contenir aucune particule ignée : ou du moins faudroit-il supposer que les particules ignées qu'il contient, sont dans un parfait repos*». La chaleur est une notion toute relative et les corps froids sont donc, précise le chevalier, des corps moins chauds «*que tels & tels autres avec lesquels nous les comparons*». Enfin, il explique que les valeurs contenus dans la table de Newton «*qui marquent les différents degrés de chaleur sont des nombres que l'on peut comparer, ou avec 0, ou les uns avec les autres*», la valeur nulle indiquant: «*La chaleur qui règne dans l'air, pendant l'hyver, lorsque l'eau commence à se convertir en glace*». Il donne aussi le procédé utilisé Newton pour construire son thermomètre: «*Il mit dans un tas de neige qui commençoit à se fondre, un thermomètre fait avec de l'huile de lin ; c'est-là précisément la chaleur qui règne pendant l'Hyver, lorsque l'eau commence à se changer en glace. Il divisa en 10000 parties égales l'espace qu'occupa alors la liqueur*». En utilisant ce thermomètre sur plusieurs substances, Newton voit alors que l'huile occupe des espaces plus grands qu'avec l'eau glacée et il obtient les résultats suivants: 10256 pour le corps humain, 10705 pour l'eau qui commence à bouillir, 10725 pour l'eau bouillante et 11516 pour l'étain fondu «*qui commence à prendre la consistance de*

l'amalgame». Le physicien conclut alors que *«la raréfaction de l'huile de lin dans le Thermomètre»* est indiquée par *«les nombres qui sont au-dessus de 10000»*. Pour établir sa table, Newton exprime, de manière arbitraire, *«par 12 la chaleur naturelle du corps humain»* et peut ensuite calculer les chaleurs des autres substances (33 pour l'eau qui commence à bouillir, 34 pour l'eau bouillante et 71 pour l'étain fondu...). Enfin, le chevalier signale que Newton remarque: *«La même chaleur fait dilater dix fois plus l'air, que l'huile de lin, & 15 fois plus l'huile de lin que l'esprit de vin²³»*.

Le chevalier relève que, dans le dix-neuvième opusculé, Newton répond à plusieurs objections faites contre son optique bien avant la parution de son *Traité d'optique* en 1704. Reprenant un point de l'opusculé qui lui semble important d'évoquer, le chevalier explique: *«Il m'a toujours été démontré, comme 2 & 2 font 4, que la lumière est un corps. En effet tout ce qui est composé ; tout ce qui a une masse ; tout ce qui frappe & blesse ma rétine, est un corps. Or la lumière a toutes ses qualités. Donc la lumière est un corps. Le diriez-vous cependant, Monsieur ? Newton n'a jamais osé l'affirmer ; il se plaint même de ceux qui lui font tenir un pareil langage ; & il leur fait remarquer que toutes les fois qu'il a parlé de la lumière comme corps, il a toujours eu soin d'ajouter le mot peut-être»*. Cependant, le chevalier revient sur ce qui avait été dit précédemment en examinant le *Traité d'optique*: *«La lumière est un corps hétérogène, composé de sept rayons différens, dont chacun a un tel degré de réfrangibilité & de réflexibilité ; & tel rayon n'a tel degré de réfrangibilité, que parce les parties dont il est formé ont telle masse et telle figure»*. Toutefois, pour excuser Newton sur ce point litigieux de sa pensée, le chevalier fait remarquer: *«Cet Opusculé a paru dans les Transactions philosophiques long-tems avant que son Optique vit le jour. En effet l'Optique ne fut donnée au public, qu'en 1704, & cet Opusculé fut inséré dans les Transactions philosophiques le 18 du mois de Mars 1672»*.

²³ L'esprit de vin est l'éthanol, alcool obtenu par distillation du vin comme son nom l'indique.

Chapitre 4 : La physique «*Newto-Cartésienne*» de Paulian

Comme pour les deux précédents volumes de l'ouvrage, certaines parties trop éloignées de notre étude ne seront pas examinées comme celles traitant de logique, de métaphysique et de morale. En outre, la partie concernant la physique céleste ne sera pas vue dans la mesure où Paulian adopte celle de Newton sans faire le moindre changement d'importance. Au contraire, nous étudierons très attentivement les parties sur les physiques générale et terrestre qui présentent le plus intérêt à nos yeux puisqu'elles constituent la physique «*Newto-Cartésienne*» de Paulian.

Paulian débute le troisième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton* en annonçant qu'il renferme: «*Un système général de Philosophie que la Raison adopte, que la Méchanique étaye, que l'expérience confirme, & dans lequel il entre à peu près autant de Cartésianisme que de Newtonianisme*»¹. A propos de la démarche employée, il précise: «*Tout ce qui a été regardé comme faux dans les Vies littéraires de Descartes & de Newton, quelque amusant qu'il soit, n'aura aucune part à mon système mixte...Tout ce qui a été démontré vrai, en sera le fondement & la base...Pour ce qui a été décidé probable, je l'adopterai, ou je le rejetterai indifféremment, de quelque part qu'il me vienne, suivant les circonstances où je me trouverai*».

¹ A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, tome 3, 1763, pp. 2-3, pour cette citation et la suivante.

1- Physique générale

Pour commencer cette partie, Paulian donne les questions qui n'ont pas leur place dans sa physique générale: *«Quelle est l'essence métaphysique de la matière, ou du corps ? La matière est-elle divisible à l'infini, ou bien est-elle composée de parties indivisibles que le Créateur même ne puisse pas partager en deux ? Qu'est-ce que l'espace & le mouvement ? Les Causes secondes sont-elles Causes physiques, ou causes purement occasionnelles du mouvement des corps ?»*² Puis, il énonce les quatre questions qui seront traitées par la suite: *«1°. Quelles sont les règles du mouvement qu'un Physicien doit avoir presque continuellement présentes à l'esprit ? 2°. Ce qu'on appelle espace est-il plein, ou vuide ? 3°. Si l'espace n'est pas vuide, quels fluides contient-il, outre l'air que nous respirons ; quelle est, par-exemple, la nature de la lumière & du feu ? 4°. Quelles sont les causes des qualités générales des corps, parmi lesquelles l'Electricité, la fluidité, le ressort, la dureté & la pesanteur doivent occuper le premier rang ?»*.

-Les règles du mouvement-

Paulian donne les règles du mouvement dont nous avons besoin en physique et qui proviennent, dit-il, pour la plupart, de Descartes et de Newton. Les deux premières règles, venant de Descartes et adoptées par Newton, sont les suivantes: *«Tout corps persévère, autant qu'il est en lui, dans l'état où il se trouve ; & s'il vient à en changer, c'est toujours à une cause extrinsèque qu'il faut attribuer ce changement. Tout corps en mouvement tend à décrire une ligne droite»*. La troisième règle tirée du livre des *Principes de la philosophie* de Descartes est quelque peu modifiée³ par Paulian qui l'énonce ainsi: *«Il y a actuellement, il y a toujours eu, & il y aura toujours dans les corps célestes la même quantité de mouvement»*. Dans les deux règles suivantes énoncées par Newton, Paulian ne corrige que la seconde: *«Les changements qui arrivent dans le mouvement, sont proportionnels à la Force motrice qui les occasionne, & ils se font dans la ligne droite*

² *Ibid.*, pp. 30-120, pour cette citation et les suivantes.

³ Paulian applique cette règle seulement aux corps célestes alors que Descartes l'avait généralisée à l'ensemble du monde.

selon laquelle cette force a été imprimée. La réaction est toujours égale & contraire à l'action détruite». Une autre règle, exprimée par Newton, donne «le moyen de former très-facilement toutes sortes de courbes» puisque: «Elles ne sont toutes qu'un assemblage de Diagonales infiniment petites, très peu inclinées les unes aux autres». Cette sixième règle est: «Un corps poussé en même-tems horizontalement & perpendiculairement, parcourra une ligne oblique, qui seroit la Diagonale d'un Parallélogramme qui auroit pour hauteur la ligne, suivant laquelle le corps a été poussé perpendiculairement, & pour largeur, ou pour base la ligne, suivant laquelle ce même corps a été poussé horizontalement». Paulian poursuit avec deux règles qu'il dit avoir déjà longuement développées dans le deuxième tome de l'ouvrage: «L'attraction active se fait en raison directe des Masses, & l'attraction passive se fait en raison inverse des quarrés des distances». A propos de ces deux dernières règles, Paulian explique pourquoi il les regarde comme «des loix générales de la nature»: «Je ne vois pas que l'on puisse assigner aucune cause mécanique de la gravitation mutuelle des corps». Or, là-dessus, il ajoute: «La raison m'apprenant que tout effet à une cause ; & la Physique ne me fournissant aucune cause seconde de cette gravitation, comme il est prouvé dans les deux volumes précédents ; puis-je m'empêcher d'avoir recours à la Cause première ?» Donnant aux règles qu'il vient d'énoncer le nom de «Mécanique Newto-Cartésienne», Paulian en vient alors à celles qui concernent les chocs élastiques et non élastiques. Cependant, dit-il, Descartes s'est trompé sur ce point de physique et Newton a été très «obscur», il préfère donner sa présentation en utilisant plutôt les ouvrages de Privat de Molières, de Deidier ou bien encore ceux de l'abbé Nollet⁴. Paulian choisit de présenter les règles qui suivent sous forme algébrique: «Dans ces formules les V, u marqueront les vitesses ; les M, m les masses ; les E, e les espaces ; les T, t les tems, &c » (la lettre majuscule représentant la valeur la plus grande). Les deux premières règles sont les suivantes: «La vitesse est toujours égale à l'espace parcouru, divisé par le tems employé à le parcourir. La quantité de mouvement, ou la force d'un corps est toujours représentée par le produit de sa masse & de sa vitesse». D'où, $V = E/T$, $u = e/t$ et la quantité de

⁴ Notons que Paulian ne donne aucune référence pour sa physique générale. Ici, les ouvrages consultés sont très certainement: les *Leçons de physique* de Privat de Molières (4 vol. de 1734 à 1738), *La mécanique générale* de l'abbé Deidier (1741) et les *Leçons de physique expérimentale* de l'abbé Nollet (6 vol. de 1743 à 1748).

mouvement est égale à MV , mV , Mu ou encore mu . La troisième règle est énoncée ainsi: *«Si deux corps non élastiques qui se meuvent de même sens, viennent à se heurter, ils continueront après le choc, de se mouvoir ensemble, & dans leur première direction, avec la somme des forces qu'ils avoient avant le choc»*. Ainsi, avant le choc, si les corps possèdent les quantités de mouvement mv et Mv , après le choc leur vitesse commune sera égale à $(MV + mv)/(M + m)$. La quatrième règle est la suivante: *«Si deux corps non élastiques se meuvent en sens directement contraire, viennent à se heurter, ils iront ensemble après le choc dans la direction du corps le plus fort, avec l'excès, ou la différence des forces qu'ils avoient avant le choc»*. De même, avant le choc, si les corps possèdent les quantités de mouvement mv et Mv , après le choc leur vitesse commune sera égale à $(MV - mv)/(M + m)$. Avant d'en venir aux règles du mouvement pour les chocs entre corps élastiques, Paulian remarque: *«Lorsqu'il s'agit de ces sortes de corps, il faut distinguer deux espèces de mouvement, l'un direct par lequel les corps élastiques perdent par le choc leur première figure, l'autre réfléchi par lequel les corps élastiques reprennent après le choc la figure qu'ils avoient perdu»*. Paulian énonce alors les deux règles du mouvement: *«Si deux corps élastiques viennent à se heurter, le mouvement direct se communique, comme si les corps n'étoient pas élastiques, soit qu'ils se meuvent de même sens, soit qu'ils se meuvent en sens contraire. Lorsqu'après le choc, deux corps élastiques reprennent leur première figure, le corps choquant acquiert autant de vitesse pour revenir sur ses pas, qu'il en avoit perdu par le choc, & le corps choqué acquiert autant de vitesse pour aller en avant, qu'il avoit d'abord gagné par le choc»*. Concernant ces deux règles, Paulian précise: *«La cause du ressort, quelle qu'elle soit, n'agit que lorsque le corps reprend, ou tend à reprendre sa première figure...Donc dans le choc des corps élastiques, le mouvement direct se communique, comme si les corps étoient dénués de ressort»*. Paulian fournit ensuite plusieurs exercices permettant de se familiariser avec les deux dernières règles. Par exemple, il énonce que *«si le corps choqué m se fût mû vers l'Occident avec 3 degrés, tandis que le corps choquant M se mouvoit vers l'Orient avec 6 degrés de vitesse ; après le choc le corps choquant M auroit été réduit au repos, & le corps choqué m seroit revenu vers l'Orient avec 9 degrés de vitesse»*. Sachant que le corps M vaut deux livres et que le corps m , un seul livre, en appliquant la première règle, et considérant les corps comme étant non élastiques, nous obtenons après le choc, un ensemble se dirigeant vers l'orient avec une vitesse égale à:

$(MV - mV) / (M + m) = (6 \times 2 - 3 \times 1) / (2 + 1) = 3$ degrés. Le corps M perd donc 3 degrés de vitesse pour aller vers l'orient et le corps m en gagne 6 pour aller dans le même sens. Cependant, les corps élastiques vont reprendre leur ancienne figure après le choc et nous pouvons alors appliquer la seconde règle du mouvement. Le corps M gagne donc 3 degrés de vitesse pour revenir sur ses pas et le corps m gagne 6 degrés pour aller de l'avant. Au final, le corps M se retrouve au repos et le corps m se déplace à la vitesse de 9 degrés vers l'orient. Pour bien comprendre ces deux règles, Paulian explique qu'elles sont fondées sur un principe qui avait déjà été énoncé par ailleurs: *«La réaction est toujours égale & contraire à l'action»*. Il précise que quand les corps élastiques se rencontrent: *«Le corps choquant comprime le corps choqué, & celui-ci à son tour comprime celui-là ; donc, en se détendant, le corps choquant doit continuer à pousser en avant le corps choqué, & celui-là doit pousser en arrière le corps choquant»*. Ainsi, le corps choqué se détend en gagnant une «vitesse réfléchie» égale à la «vitesse directe» que le corps choquant lui avait communiquée ; le corps choquant se détend en perdant une «vitesse réfléchie» égale à la «vitesse directe» qu'il communique au corps choqué.

-Le plein sensible-

Paulian en vient à l'«examen du parti qu'il faut prendre entre le vuide & le Plein». Ainsi, selon lui: *«Descartes, en regardant le Vuide comme métaphysiquement impossible, & le Plein parfait comme existant dans les espaces célestes, a avancé deux Propositions insoutenables»*. Il explique aussi que les notions de plein parfait de Descartes et de vide parfait d'Epicure & de Gassendi dans les espaces célestes sont inconcevables et sont donc à rejeter. De même, dit-il, Newton croyait à *«un Vuide sensible dans le ciel»*, ce qui est montré avec les comètes qui semblent n'éprouver aucune résistance en parcourant les espaces célestes. Paulian croit, lui, en l'existence d'un «plein sensible» qui présente l'avantage de suivre *«un parti mitoyen entre le sentiment de Descartes qui veut un Plein parfait, & le sentiment de Newton qui paroît un peu trop porté par le Vuide»*. Partant du principe que *«ce qui existe dans les espaces qui se trouvent entre la Terre & le Soleil, doit exister dans le tout reste du Ciel»*, Paulian utilise

un mémoire récent de Dortous de Mairan⁵. Ce physicien y explique, signale Paulian, qu'il n'a pas trouvé, en observant le ciel le 6 juin 1761, le satellite de vénus que d'autres astronomes, plusieurs fois dans le passé, prétendaient avoir vu⁶. Pour Dortous de Mairan, cela signifie que le satellite n'apparaît que très rarement et, pour expliquer ce phénomène, il fait intervenir l'atmosphère du soleil dont il avait établi l'existence dans l'un de ses anciens mémoires⁷: «[Le satellite] *est presque toujours plongé dans l'atmosphère du Soleil. Il est donc presque toujours enveloppé d'une matière fluide plus ou moins dense, qui nous le cache en tout, ou en partie, & qui se complique avec sa petitesse, & avec la contexture réfléchissante de sa surface. Nous ne pouvons donc le voir que dans deux occasions, ou lorsque l'atmosphère solaire ne parvient pas jusqu'à lui, ce qui n'arrive jamais, ou lorsque cet atmosphère se trouve être en tout assez rare & assez transparente, pour laisser passer une partie suffisante de la lumière que le Satellite réfléchit vers nous, ce qui arrive quelquefois*». Avec la conclusion de ce mémoire, Paulian voit une preuve évidente de l'existence d'un plein sensible composé d'«*un fluide capable de nous cacher habituellement un Astre, au moins aussi gros que la Lune*». A propos des espaces célestes, il remarque: «*Cela n'empêche pas cependant que la matière qu'ils contiennent, ne soit pas infiniment divisée, presque infiniment plus rare que les Astres qui la traversent*». Dans ce cas, dit-il, la composition des espaces célestes devient alors très proche de celle imaginée par Newton. Paulian remarque que tout ce qui compose son «*plein sensible*» se situant entre la Terre et le soleil doit forcément exister dans les espaces célestes plus lointains. Enfin, il pense que ce «*plein sensible*» est composé de fluides rares comme la lumière et le feu.

⁵ J.-J. Dortous de Mairan, «Cause des courtes apparitions & des longues disparitions du Satellite de Vénus», *M.A.R.S de 1762*, 1764.

⁶ Il fait part des apparitions temporaires du satellite de vénus observées par le mathématicien Fontana en 1645 et 1646, Cassini en 1672 et Short en 1740. De plus, Paulian explique que l'observation la plus récente a été relatée par M. Montagne, de la Société Royale de Limoges, un mois avant la tentative d'observation de Dortous de Mairan.

⁷ Il s'agit de son *Traité physique et historique de l'Aurore boréale* (2^{ème} éd. 1754)

-La lumière-

Concernant le contenu des deux parties sur la lumière, Paulian signale: *«Dans la première je n'avancerai que des choses dont je suis en état de vous apporter, & dont je vous apporterai en effet la démonstration la plus rigoureuse ; je ne vous dirai au contraire dans la seconde que des choses probables, que des choses, qui, toute vraies qu'elles me paroissent, pourroient être absolument être fausses»*. Pour commencer, Paulian liste les *«propriétés de la lumière susceptibles d'une véritable démonstration»*: *«Une incompréhensible subtilité, un ressort très exact & très-parfait, un mouvement très rapide en ligne droite, une hétérogénéité très décidée, une force & une intensité qui diminuent précisément en raison inverse des quarrés des distances au corps lumineux»*. Il précise aussi qu'il prendra souvent la lumière du soleil comme exemple mais que les conclusions obtenues pourront être étendues à toutes les autres sources émettant de la lumière. Pour montrer le caractère extrêmement subtil de la lumière du Soleil, Paulian fait remarquer qu'elle est capable de traverser les pores du verre que l'on sait très petits ou bien de nous faire voir tous les détails d'un paysage: *«Chacun de ces objets renverra à vos yeux un très-grand nombre de rayons de lumière : tous ces rayons arriveront à votre rétine, après avoir passé par votre prunelle. Voilà donc une infinité de rayons qui passeront librement par un trou très-petit»*. Pour Paulian, la lumière présente le ressort le plus parfait comme le prouve les règles de la catoptrique issues du principe suivant: *«La lumière, tombant obliquement sur un miroir quelconque, fait un angle de réflexion exactement égal à celui d'incidence»*. Pour montrer que la lumière se propage en ligne droite, Paulian décrit une expérience: *«Entrez dans une chambre obscure qui n'ait que deux petits trous parfaitement & géométriquement correspondans, l'un, par exemple, à l'Orient, l'autre à l'Occident. Présentez par dehors pendant la nuit à l'un des deux trous une chandelle allumée ; les rayons qu'elle enverra, enfileront l'autre trou sans éclairer l'intérieur de la chambre: donc le mouvement de la lumière est un mouvement en ligne droite»*. Pour confirmer que la lumière se déplace extrêmement rapidement, Paulian reprend l'observation astronomique faite par Bradley et Molyneux⁸ qui montre *«que la*

⁸ La détermination de la vitesse de la lumière par Bradley et Molyneux, évaluée à environ 300000 km/s en 1727, porte sur le phénomène d'aberration de la lumière (la vitesse de la lumière dépend de la vitesse de celui qui l'observe) qui se traduit par des déplacements apparents d'étoiles.

lumière du Soleil parcourt environ 66 millions de lieües dans l'espace de 14 minutes». Pour convaincre du caractère hétérogène de la lumière, Paulian demande de suivre les expériences de Newton en la matière, sujet sur lequel il ne souhaite pas revenir puisque cela a été approfondi dans le deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*. Paulian rappelle que Descartes s'était trompé en pensant que la lumière était un corps homogène et qu'il n'y a donc aucun accord à faire entre les pensées de Descartes et celles de Newton. Enfin, Paulian aborde la dernière propriété de la lumière qu'il souhaite démontrer: la décroissance de l'intensité de la lumière se fait en raison inverse du carré des distances à la source. Pour cela, Paulian demande d'utiliser une figure placée à la fin du deuxième tome de l'ouvrage, laquelle représentant un faisceau lumineux partant d'un point source et formant un cône lumineux. Il démontre mathématiquement que l'aire de la section droite du cône se trouvant à une distance quelconque de la source lumineuse est quatre fois plus petite que l'aire de la section droite du cône se trouvant à une distance deux fois plus grande de la source. Il explique alors que comme les rayons lumineux sont quatre fois plus «serrés» dans la plus petite section droite que dans la plus grande section droite: *«La Force & l'intensité de la lumière suivent précisément la raison inverse des quarrés des distances au corps lumineux*». Paulian pense que la démonstration précédente peut également s'appliquer à *«l'intensité de la chaleur, du son, des odeurs &c.»*, chacune d'elles, par conséquent, *«suit dans sa diminution la même proportion que la lumière*». Se demandant alors *«pourquoi le Créateur, faisant une loi générale pour la gravité des corps, a choisi la raison inverse des quarrés des distances, préférablement à toutes les autres raisons*», Paulian y voit pour seul motif: *«L'uniformité qui doit regner dans l'Univers*».

Il revient sur les *«pensées de Newton & de Descartes sur la propagation de la lumière*»: *«Voyons si l'on ne pourroit pas prouver que la propagation de la lumière se fait en partie par émission, & en partie par percussion*». Prenant l'exemple de la lumière du Soleil, Paulian commence par donner une description de l'étoile: *«Cet Astre, éloigné de la Terre d'environ trente millions de lieues, est un globe de feu, fluide ou presque fluide, dans le sein duquel regnent l'effervescence, le bouillonnement, la fermentation la plus terrible...Les parties dont il est composé, doivent donc à chaque instant faire les plus grands efforts pour s'échapper avec une vîtesse incompréhensible dans les espaces*

célestes». De plus, il ajoute: *«Le Soleil est entouré d'une atmosphère qui nous éclaire, & qui, suivant M. de Mairan, s'étendant quelques fois jusqu'à nous, vient se mêler avec l'atmosphère du globe que nous habitons»*. Enfin, Paulian explique que cette atmosphère solaire *«est composée de particules très-élastiques, &...est divisée en couches contigues qui ont toutes pour centre le centre même du Soleil»*. A partir de cela, Paulian peut donc proposer son explication de la propagation de la lumière solaire: *«A chaque instant les parties subtiles dont le Soleil est composé, tendent à s'échapper du sein de cet Astre, avec toute la vitesse que peut procurer à des corpuscules très-déliés l'effervescence la plus terrible & la plus effroyable. Retenues par la première couche de l'atmosphère solaire, elles frappent avec force les particules dont elle est formée. Ce mouvement se communique de couche en couche jusqu'à la dernière, qui n'étant retenue par aucun obstacle considérable, part avec à peu près toute la vitesse communiquée à la première couche»*. Pour bien faire comprendre son idée, Paulian propose *«une image sensible de ce mécanisme»*: *«Jetez les yeux sur 100 boules égales & élastiques, rangées sur la même ligne droite. L'on frappe la première, & l'on voit à l'instant la dernière partir avec d'autant plus de vitesse, que la première a été frappée plus fort»*. Il peut donc conclure avec son explication qu'il a trouvé un accord entre les positions de Descartes et Newton sur le sujet: *«Je conviens très-volontiers avec le premier, que la lumière du Soleil se propage par percussion depuis le sein de cet Astre jusqu'à la dernière couche de l'atmosphère qui l'entoure ; & puisque le second demande l'émission, j'avoue qu'elle a lieu depuis la dernière couche de l'atmosphère solaire jusqu'aux Etoiles les plus éloignées»*. De plus, Paulian étend son raisonnement aux autres étoiles. Cependant, Paulian doit répondre à la difficulté qui suit: *«Si l'atmosphère solaire...perd à chaque instant une de ses couches, elle devrait depuis long-tems avoir disparu. Combien d'instans se sont écoulés depuis la création du Monde jusqu'à nous, & par conséquent combien de couches se sont déjà envolées ! Il ne devrait rester actuellement aucun vestige d'une atmosphère un million de fois plus étendue que celle du Soleil»*. En réponse, Paulian imagine qu'à chaque instant *«l'atmosphère solaire perd une de ses couches ; mais à chaque instant aussi elle répare ses pertes»*. Le soleil compense les pertes qu'il subit au cours du temps, explique Paulian, en recevant continuellement de la lumière provenant des étoiles mais aussi des planètes qui réfléchissent la lumière. La deuxième difficulté qui est développée par Paulian consiste à dire qu'il se produit de nombreux

chocs entre *«la lumière qui part & celle qui revient»* et que cela devrait empêcher la compensation des pertes de lumière par les étoiles. Cependant, à propos de ces chocs, Paulian pense que *«la plupart des particules lumineuses n'en éprouvent aucun ; elles sont trop subtiles, & elles se meuvent dans un espace trop vuide, pour ne pas aller et revenir avec toute la liberté possible»*. De plus, pour les quelques particules lumineuses qui se choqueraient quand même, dit-il: *«La perte infiniment petite que peut occasionner cette réflexion, n'est que trop abondamment réparée par les particules hétérogènes qu'emmenent avec eux les globules lumineux, qui, sans avoir éprouvé aucun choc, reviennent dans l'atmosphère solaire, après avoir éclairé les Planètes & les Comètes»*.

Dans sa réponse, le chevalier se dit enchanté par ce système *«Newto-Cartésien»* sur la propagation de la lumière mais souhaite tout de même obtenir quelques précisions. Ainsi, il sollicite Paulian pour savoir s'il pourrait exister des planètes où la propagation de la lumière se ferait uniquement par percussion et, dans ce cas, il veut savoir si cette propagation se ferait alors de manière instantanée. Pour finir, il fait remarquer que l'on observe aucune atmosphère autour d'un flambeau allumé et se demande alors s'il n'y aurait *«sur Terre aucun corps particulier, dont la lumière ne se propage que par émission? »*

Paulian lui répond que, pour les planètes Mercure et Vénus, la propagation de la lumière se fait uniquement par percussion puisque: *«Ces deux Planètes sont toujours plongées dans l'atmosphère solaire»*. Ce cas de figure arrive parfois à la Terre, dit-il, puisque *«de tems en tems l'atmosphère solaire a, suivant M. de Mairan, un diamètre aussi grand & peut-être plus grand que celui de l'orbite, que la Terre parcourt chaque année autour du Soleil par son mouvement périodique»*. Concernant le caractère instantané ou non de la lumière, Paulian explique: *«De quelque manière que se fasse la propagation de la lumière, par émission, ou par percussion ; cette propagation ne peut jamais être instantanée. Dans le premier cas la chose est aussi claire que le jour. Quelque vitesse que vous supposiez à un fluide, il lui faut plus ou moins de tems, pour parcourir un espace plus ou moins long»*. Une propagation par percussion instantanée lui paraît peu plausible puisque: *«Quelque contiguës que soient les couches de l'atmosphère solaire, elles ne le sont pas toujours exactement. Quelque polis que soient les globules*

dont ces couches sont composées, ils ne le sont pas tous également. Quelques élastiques que soient ces globules, ils ne le sont pas tous parfaitement, &c ». Pour finir, s'agissant de la question portant sur le flambeau allumé, Paulian donne son avis: *«Je pense comme vous, & comme vous je n'apperois aucune athmosphère autour de ce flambeau, où la percussion puisse avoir lieu...La vîtesse avec laquelle cette lumière se propage, me prouve seulement que c'est un fluide d'une subtilité incompréhensible, auquel le moindre mouvement peut faire parcourir un très grand espace dans le tems même le plus court».*

-Le feu-

Paulian développe ses idées sur le feu et se propose d'en donner les causes mécaniques. Tout d'abord, il explique: *«Le feu, répandu par tout avec plus ou moins d'abondance, est évidemment formé par une matière très déliée, agitée d'un violent mouvement en tout sens».* De plus, il ajoute que le feu *«est évidemment causé par un nombre innombrable de mouvements en tourbillon, dont chacun se fait autour d'un centre particulier».* En outre, Paulian avertit que le mouvement tourbillonnaire du feu *«ne peut-être l'effet d'un mouvement général»* comme l'imaginait Descartes *«dans la matière de son premier élément».* Sur ce point, il remarque que plusieurs interrogations peuvent se poser: *«Comment reconnoître un mouvement de tourbillon dans une matière répandue par tout, & ne pas admettre dans la nature ce mouvement général dont Descartes a fait le fondement de son système de Physique ? Par quelles loix en un mot expliquer les petits tourbillons dont la matière ignée paroît être composée, si les grands tourbillons Cartésiens qui paroissent en être comme l'ame, sont contraires aux loix de la mécanique?»* Pour surmonter cela, Paulian a l'idée de se servir des lois de Newton qui expliquent le mouvement *«tourbillonnant»* de la lune autour de la Terre, ce satellite se déplaçant *«en vertu de deux mouvements, l'un centripète causé par l'attraction que la Terre exerce sur la Lune, l'autre de projection immédiatement imprimé par la Cause première».* Paulian imagine donc *«un globule infiniment petit du premier ordre, autour duquel se trouvent des globules infiniment petits du second ordre»*, ces derniers étant attirés par le globule du premier ordre infiniment plus grand qu'eux. Il précise: *«La Cause*

première a imprimé à chacun des globules, placés à la circonférence, une force de projection proportionnelle à leur force centripète». Paulian explique que les globules infiniment petits du second ordre sont contraints de «tourbillonner» autour du globule du premier ordre et il ajoute: *«Mettez ensemble plusieurs de ces tourbillons ; vous aurez un fluide agité en tout sens, des mouvements duquel il vous sera facile de rendre raison d'une manière très mécanique»*. Paulian envisage aussi des tourbillons ignés plus petits encore, en remplaçant les globules du premier ordre par des globules du second ordre, les globules du second ordre par des globules du troisième ordre et ainsi de suite. Pour Paulian, le feu est un ensemble de tourbillons de différents ordres, ce qui lui fait dire: *«Voilà ce que j'appelle accorder Descartes avec Newton ; l'un m'a fourni l'idée, & l'autre les loix des tourbillons ignées»*. De plus, son explication mécanique, dit-il, permet de répondre avec beaucoup de facilité à diverses questions traitant du feu. Pour cela, Paulian distingue le feu «élémentaire» du feu «usuel»: *«Je ferai remarquer que si les tourbillons dont je viens de parler, demeurent tels qu'ils ont été formés par la Cause première, ils composent le feu que nous appelons élémentaire. J'ajouterai qu'ils composent le feu usuel, lorsque, pour se rendre visible, ils s'enveloppent de parties inflammables, telles que sont les parties huileuses, sulphureuses, bitumineuses &c»*. De plus, la cause de la chaleur n'a d'autre explication que le feu lui-même car, dit-il: *«Ce fluide seul me paroît capable de communiquer à notre sang, & à nos humeurs ce mouvement en tout sens qui fait la chaleur»*. Paulian présente aussi diverses conséquences qu'un ajout important de feu produit sur les corps: *«Il cause des effervescences & des bouillonnemens. Il occasionnera l'inflammation, s'il vient à diviser les parties d'un corps qui contienne dans son sein plusieurs tourbillons ignées dans une espèce de contrainte & de captivité. Quel ravage en effet ne doit-il pas causer, lorsque les tourbillons qu'il a délivrés, se joignent à lui pour agir contre le corps dont l'intérieur ne leur a que trop long-tems servi de prison !»* Concernant maintenant la cause de la fluidité, Paulian explique que le feu intervient une fois de plus dans la mesure où celui-ci communique *«aux parties insensibles de certains corps le mouvement en tout sens, dont ils sont agités»*. Par exemple, en faisant entrer ou sortir du feu dans de l'eau, remarque Paulian, elle peut passer de l'état solide à l'état liquide ou inversement. De plus, le feu est aussi la cause physique des fermentations car, dit-il: *«En effet les acides, entrant dans leurs alkalis les briseroient-ils en des millions de pièces, s'ils n'étoient poussés par une matière*

invisible, agitée d'un violent mouvement en tout sens ? Aussi toutes les fermentations sont-elles accompagnées d'une chaleur réelle ; la plupart, d'une chaleur très sensible ; & quelques-unes d'un bouillonnement suivi bientôt après de l'inflammation». Pour Paulian, certains corps comme *«les pierres à fusil, le soufre, le bitume, le bois &c...contiennent dans leur sein une grande quantité de tourbillons ignées»* et si leur chaleur ne paraît pas toujours très grande, c'est, dit-il, que *«les tourbillons ignées y étant comme emprisonnés, ne peuvent pas avoir ce mouvement violent qui cause une chaleur plus grande que celle de notre sang»*. Les frottements font augmenter aussi les mouvements des tourbillons ignés comme, dit-il, lorsque l'on frotte ensemble nos mains pour les réchauffer et il ajoute: *«L'on pourroit encore dire que le frottement dégage certains tourbillons qui se trouvoient entre l'épiderme et la peau, comme dans une espèce de prison»*. Il explique aussi que le feu a la propriété d'éclairer et que *«son mouvement en tourbillon n'est pas absolument opposé au mouvement droit»* de la lumière. Prenant l'exemple d'une boule tournant sur elle-même tout en effectuant un trajet linéaire, il ne voit pas pourquoi le *«globule central d'un tourbillon igné»* ne pourrait pas se déplacer en ligne droite tout en étant accompagné par des globules infiniment plus petits qui tourneraient autour de lui. Concernant maintenant la raréfaction⁹ des corps, Paulian attribue encore cela aux tourbillons ignés car, dit-il: *«Peut-il se faire qu'une matière agitée d'un mouvement aussi violent, se trouve en grande quantité dans un corps, sans en élargir les pores, & sans faire les plus grands efforts pour écarter les couches dont il est composé ? Aussi le Pyromètre allonge-t-il très sensiblement le métal le plus dur & le plus compacte»*. Pour finir, Paulian annonce la prochaine partie où il parlera de la machine électrique, instrument qui montrera d'une manière plus sensible encore que, dit-il, *«le feu est présent par tout»*.

⁹ Paulian parle ici de la dilatation.

-L'électricité-

Paulian commence par donner les «conjectures» de Newton et de Descartes au sujet de l'électricité. Pour lui, celles de Newton sont irrecevables car, dit-il: *«Ce physicien, l'ennemi juré des causes secondes, faisoit dépendre les phénomènes électriques que l'on connoissoit de son tems, de certaines loix générales d'attraction & de répulsion que vous n'avez jamais été tenté d'admettre dans la Nature»*. Cependant, Paulian trouve acceptable l'idée de Descartes d'admettre *«un feu électrique que le frottement oblige à sortir du verre & que la résistance de l'air y fait rentrer»*. Paulian décide donc d'approfondir le sujet en partant de l'approche cartésienne et il commence alors par décrire le fonctionnement de la machine électrique: *«Du sein d'un globe de verre, agité d'un violent mouvement de rotation, & frotté par une main très-sèche, il sort differens courans ignées dont les uns enfilent le tube de fer blanc suspendu sur des cordons de soye, & les autres répandent dans l'air qui entoure la Machine... Les premiers rendent parfaitement électrique le tube de fer blanc, & lui communiquent une atmosphère très-dense ; les seconds rendent à demi-électriques tous les corps qui entourent la Machine, & ils leur communiquent une athmosphère très rare, pourvû qu'ils soient électrisables par communication»*. Il fonde son sentiment sur cette expérience: *«Mettez un gatteau de résine sous les pieds du Frotteur ; il s'électrisera, mais beaucoup moins que le tube de fer blanc ; & non-seulement vous tirerez de son corps de petites bluettes, mais lui-même il en tirera d'assez sensible du tube: ce que ne pourra jamais faire un homme que l'on placera sur le gatteau à la manière ordinaire, en lui faisant tenir à la main un fil de fer, ou une corde de chanvre, dont l'une de ses extrémités sera attachée au tube»*. Cependant, Paulian ne veut pas détailler davantage ses explications qui demanderaient de faire, dit-il, *«un cours de Philosophie donné dans toutes les formes»*. Il décrit tout de même une configuration particulière de l'expérience précédente où l'homme approchant le doigt du tube en fer blanc en tire une «bluette», *«pourvû qu'il ne soit pas placé sur le gâteau de résine, à la manière ordinaire»*. Pour interpréter cette dernière expérience, Paulian invoque une loi d'hydrostatique: *«Deux fluides homogènes, qui communiquent ensemble, tendent à se mettre en équilibre»*. Ainsi, il explique que lorsque le doigt côtoie le tube électrifié grâce à la machine électrique, une «atmosphère électrique très rare» s'approche d'une «atmosphère électrique très dense» ; ces deux atmosphères rentrent ensuite en

communication et la plus dense donne *«avec impétuosité de sa matière à l'atmosphère rare»*. Ainsi, pour Paulian, ce mélange entraîne un *«choc des particules inflammables»* qui donne une *«bluette»*. A partir de son interprétation, il tire une première conséquence: *«L'homme placé sur le gâteau à la manière ordinaire, ne doit tirer aucune bluette du tube électrique ; le doigt qu'il en approche, est aussi électrique que le tube ; le mélange qui se fait des deux atmosphères, est donc un mélange paisible»*. De même, il poursuit par une deuxième conséquence tirée de son principe d'hydrostatique: *«L'homme placé sur le gâteau à la manière ordinaire, tire des bluettes de ceux qui sont sur le pavé, & ceux-ci à leur tour en tirent de celui-là»*. Il explique que *«l'esprit de vin que l'on présente à l'homme placé sur le gâteau, pour qu'il l'enflamme, en approchant le doigt, est un corps très-inflammable, entouré d'une atmosphère électrique assez rare»*. Pour terminer, Paulian signale que l'abbé Nollet appelait la *«matière effluente les courans ignées qui sortent du sein du globe frotté, & [la] matière affluente les courants ignées qui reviennent au globe pour réparer les pertes¹⁰»*.

-Le ressort-

Paulian remarque que les explications de Newton et de Descartes sur la cause du ressort sont, pour lui, inutiles: *«Celui-ci s'imagine l'avoir trouvée dans les loix générales de répulsion dont l'existence n'est rien moins que constatée ; celui-là a recours à une matière imaginaire qu'il regarde comme l'ame de l'Univers, & qu'il nous présente, comme faisant tous ses efforts pour rouvrir des pores qu'elle ne trouve pas assez ouverts à sa fantaisie»*. Paulian pense que *«la cause immédiate du ressort de la plupart des corps»* est due à la présence d'air: *«En comprimant ces corps, je comprime nécessairement une partie de l'air qu'ils contiennent. Cet air comprimé se remet, ou du moins fait un effort très sensible pour se remettre dans son premier état»*. Mais dans ce cas, comment expliquer que tous les corps ne sont pas élastiques alors qu'ils contiennent

¹⁰ Notons ici que Paulian réduit la théorie de Nollet à un simple problème de mots (les matières effluentes et affluentes ne sont qu'une manière de parler des courants de l'électricité dans un sens ou dans un autre). La théorie de Nollet sur l'électricité est bien plus complexe que cela et fait l'objet d'un ouvrage intitulé *Essai sur l'électricité des corps* publié en 1746.

tous de l'air ? Paulian répond qu'il ne croit pas *«qu'il y ait sur Terre des corps dénués de toute espèce de ressort»*. Pour se faire, dit-il, la structure des corps doit satisfaire à trois conditions: *«Une certaine flexibilité dans le corps qui doit, par la compression, perdre son ancienne figure ; une certaine roideur dans le corps qui doit, après la compression, se remettre dans son ancien état ; des pores tellement configurés, qu'ils puissent introduire dans leur sein l'air subtil, ou l'air grossier»*. A la question: *«D'où vient cette grande élasticité de l'air ?»* Paulian répond: *«Ce fluide contient encore plus de petits tourbillons, que nos corps terrestres ne contiennent de molécules d'air...Comprimez de l'air ; vous comprirez un très-grand nombre de petits tourbillons, lesquels se remettant après la compression dans leur premier état, y remettront le fluide dans les pores duquel ils se sont logés»*. Il pense la même chose pour la lumière. Pour lui, ce fluide infiniment plus subtil que l'air est composé de tourbillons infiniment plus petits que *«ceux qui produisent le ressort de l'air»*, rappelant qu'il avait admis *«autant d'espèces de tourbillons, qu'il y a de différens ordres d'infiniment petits»*. Enfin, Paulian conclut que l'unique cause de l'élasticité des tourbillons se trouve être: *«La force centrifuge de chacun des globules, que nous avons placés à la circonférence ; elle me paroît assez physique, pour que, dans une matière aussi obscure que celle-ci, tout homme raisonnable doive s'en contenter»*.

-La dureté-

Paulian donne sa définition du corps dur: *«C'est un corps, dont les parties très propres à s'accrocher les unes avec les autres, ou à s'appliquer les unes contre les autres, sont dans un repos respectif, occasionné par l'attraction mutuelle qu'elles exercent les unes sur les autres, & par pression plus ou moins grande d'un fluide environnant»*. Il fait remarquer que sa définition *«renferme l'heureuse alliance du Cartésianisme et du Newtonianisme»*. Il explique aussi que Newton considère que la dureté d'un corps dépend d'une attraction à distance qui agit en raison inverse du cube des distances. Cependant, Paulian réfute cela d'autant, dit-il, qu' *«il règne dans la nature une attraction en raison inverse des quarrés des distances»* pouvant très bien convenir pour des corpuscules infiniment proches les uns des autres. Cependant, Paulian reconnaît

que, seule, *«cette attraction ne peut pas produire une grande dureté»*. C'est pourquoi il ajoute à cela la pression extérieure d'un fluide environnant. Pour justifier cette dernière explication, il remarque qu' *«il est difficile de séparer deux hémisphères concaves de métal, ou deux plaques de marbre que l'on soumet à l'action de l'air que nous respirons»*. Paulian signale aussi que, dans son système, *«les parties élémentaires des corps seront d'une dureté incompréhensible [et] ne pourront être divisées par Aucun Agent créé»*. En outre, il pense que les corps durs sont configurés pour que leurs parties infiniment petites s'assemblent pour le mieux: *«Le fluide environnant ne peut presser que des parties propres à s'appliquer facilement»*. Paulian signale que la plupart des physiciens imaginent les corps fluides comme étant constitués de molécules¹¹ plus ou moins rondes et les corps durs comme des molécules plates ou *«propres à s'accrocher»* ensemble.

-La pesanteur-

Sur la cause de la pesanteur, Paulian revient sur un point qu'il avait auparavant démontré: *«La gravité des corps ne dépend d'aucune cause seconde, immédiate & mécanique. Elle dépendra donc de la cause première, ou pour mieux dire, des lois générales que la Cause première a établies au commencement du monde»*. Il adhère complètement à l'explication newtonienne de la pesanteur sans chercher, cette fois, à y intégrer des éléments cartésiens: *«C'est là le cas, où nous nous trouvons, lorsque nous assurons que les corps ne sont graves, que parce qu'ils sont soumis aux lois de l'attraction en raison inverse des masses, & en raison inverse des distances»*. Il explique que Newton reconnaissait lui-même que Galilée avait très bien expliqué la chute des corps sur la Terre. Cependant, Paulian y voit là une contradiction puisque *«Galilée regarde la gravité des corps sublunaires comme une force uniforme»*, tandis que Newton la considère comme étant variable. Néanmoins, ce problème se résout facilement,

¹¹ Nous pouvons remarquer que Paulian passe ici des corpuscules aux molécules. Il ne fait aucune distinction entre les deux mots comme le montre l'article «Molécule» de son *Dictionnaire de physique*: *«On nomme molécules, ou, petites masses les corpuscules dont les corps sont composés»*. A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 2, p. 561.

explique Paulian, en remarquant que Galilée *«suppose que les corps ne tombent que des environs de la Terre, c'est-à-dire, dans celui où il suppose que le corps qui tombe, se trouve, pendant tout le tems de sa chute, à peu près à égale distance du centre de la Terre»*. Paulian peut alors conclure: *«Aussi Galilée a-t-il raison de regarder en certains cas la gravité comme une force uniforme ; & Newton n'a pas tort de regarder en certains autres la gravité comme force variable»*.

Dans sa réponse qu'il donne sur la physique générale de Paulian, le chevalier approuve les explications sur la nature du feu et de l'électricité: *«Je n'aurois jamais crû que l'attraction pût servir à former des tourbillons, & que l'on put avoir la lumière en même tems par émission & par percussion»*. Cependant, celui-ci aurait bien voulu voir une conciliation entre les physiques de Descartes et de Newton sur les causes de la réfraction de la lumière. Il revient alors sur ce qui avait été dit à ce sujet dans les deux premiers tomes du *Traité de paix entre Descartes et Newton*: *«Newton attribue ce phénomène à l'attraction mutuelle...Les Cartésiens fondés sur un texte assez obscur de Descartes, ont recours à la différence des pores que la lumière est obligée de traverser, lorsqu'elle passe d'un milieu dans un autre. Si la lumière, disent-ils, se réfracte en s'approchant de la perpendiculaire, lorsqu'elle se rend obliquement de l'air dans l'eau, c'est qu'elle trouve dans ce dernier fluide des pores beaucoup plus droits, que dans le premier»*. Le chevalier associe donc les deux explications: *«Ne pourroit-on pas accorder à Newton que l'attraction est la cause physique de la réfraction de la lumière, mais aussi ne pourroit-on pas ajouter que les pores des différens milieux, sont des conditions sans lesquelles la réfraction ne seroit pas toujours suivant le résultat que donnent les loix de la gravitation ?»* Il prend alors l'exemple de la lumière qui passe de l'air à l'eau: *«L'eau attirant beaucoup plus la lumière, que ne le faisoit l'air, lui communique un nouveau mouvement perpendiculaire ; mais je doute que cette réfraction fut aussi considérable qu'elle est, si l'eau n'avoit pas des pores plus droits que l'air»*.

Paulian précise comment il compte présenter cette partie: «*Une Physique terrestre compléte, mon cher Chevalier, doit se diviser en 3 Parties. Elles ont pour matière l'atmosphère terrestre, l'extérieur de la Terre, & son intérieur*»¹². Une fois de plus, nous n'aborderons pas les contenus trop éloignés de notre sujet où Paulian se pose les questions suivantes: «*Qu'est ce que les Plantes qui sont le plus bel ornement du globe que nous habitons ? Que faut-il penser des Animaux qui paroissent avoir été créés que pour nous ? Qu'est-ce enfin que l'homme pour qui la Terre a été tirée du néant*». Enfin, dans cette partie, Paulian donne souvent les références des ouvrages dont-il s'est servi et nous ne manquerons pas de les indiquer dans les notes de bas de page.

-L'atmosphère terrestre-

Paulian explique ici comment s'est formée l'atmosphère terrestre et donne sa composition: «*Le Créateur en tirant cette Terre du néant, l'a entourée d'un fluide qui participe à ses deux mouvements, l'un diurne sur son axe, & l'autre périodique dans l'Ecliptique. A ce fluide auquel nous avons donné le nom d'air, se joignent des vapeurs & des exhalaisons qui s'élèvent du sein même du globe que nous habitons, & qui servent non-seulement à la respiration, mais encore à la formation des Météores ignées & aqueux*»¹³. Ce fluide exerce sur toute la surface de la Terre une pression considérable dont la «force»¹⁴ est calculée par Paulian, s'aidant pour cela du résultat d'une expérience qu'il utilise dans sa démonstration: «*Puisqu'une colonne d'air de la hauteur de l'atmosphère, est en équilibre avec une colonne d'eau de 32 pieds ; il s'ensuit que le*

¹² A.-H Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 3, pp. 159-160, pour cette citation et la suivante.

¹³ *Ibid.*, pp. 162-339, pour cette citation et les suivantes.

¹⁴ Remarquons que Paulian utilise un vocabulaire scientifique qui peut prêter à confusion de nos jours: le résultat d'une force étant donné avec l'unité d'une masse (la livre de Paris qui est à peu près égale à 490 g): «*C'est un fait constant que la force avec laquelle sa surface totale est comprimée par le fluide qui l'environne, n'a pas d'autre expression que le nombre 10,838,016,000,000,000 de livres*».

poids de l'atmosphère sur la surface de la Terre est égale au poids de 32 pieds cubes d'eau dont cette surface seroit couverte». De plus, Paulian détermine que *«la force avec laquelle l'atmosphère terrestre comprime le corps humain»* s'élève à 30720 livres. Or, il remarque que ce *«poids»* paraît insensible pour celui qui le subit puisque: *«Les différentes colonnes dont l'air est composé, ne sont elles pas en équilibre les unes avec les autres ? Un plongeur qui se promène au fond de la mer, a sur sa tête des milliards et des milliards de livres d'eau ; mais parce que les colonnes de ce fluide sont dans un parfait équilibre, il en sent infiniment moins le poids, que s'il en portoit une seule livre séparée des eaux de la mer»*. Paulian présente aussi deux autres explications que les physiciens ont coutume d'invoquer: *«Ils disent que nous ne devons pas sentir une pression à laquelle nous sommes accoutumés depuis notre entrée dans le monde ; ils ajoutent que l'air extérieur est en équilibre avec l'air qui se trouve dans l'intérieur du corps humain»*. Cependant, il préfère sa *«réponse démonstrative»* aux deux autres *«qu'on peut absolument ranger dans la classe des probables»*. Il en vient alors à parler de la hauteur de l'atmosphère terrestre et il explique que pendant longtemps des physiciens pensaient qu'elle mesurait de *«15 à 20 lieues¹⁵»*. Cette estimation se fonde sur les observations, faites en 1676, d'un météore ayant parcouru l'Italie. Le physicien La Hire¹⁶ pensait alors que la hauteur de ce météore n'était autre que celle de l'atmosphère terrestre. Or, Paulian trouve ce raisonnement imparfait dans la mesure où rien n'indique que le météore se trouvait alors dans la dernière couche de l'atmosphère. La Hire disait aussi que les observations faites au crépuscule pouvaient servir à déterminer la hauteur de l'atmosphère terrestre comme le relate Paulian: *«Puisqu'elle est entourée d'un fluide dont les couches diminuent en densité, à mesure qu'elles s'éloignent de nous, il est impossible que lorsque le Soleil ne sera pas bien enfoncé sous l'horizon, plusieurs rayons de lumière envoyés par cet Astre, ne rencontrent des couches assez denses pour les réfracter, & pour les déterminer par-là à se porter vers la Terre»*. Il ajoute que, selon les astronomes, la dernière lueur du crépuscule s'observe quand le Soleil se trouve à 18 degrés au-dessous de l'horizon. Ainsi, La Hire, poursuit Paulian, tire de l'observation que la dernière couche de l'atmosphère *«ne peut-être éloignée de la Terre que de 34585 toises»*, soit environ 15 lieues. Cependant, Paulian fait remarquer que Dortous de Mairan, dans son *Traité de l'Aurore*

¹⁵ Ici et par la suite, Paulian utilise d'anciennes unités de distance: la lieue, la toise, le pied et le pouce.

¹⁶ Paulian donne la référence: *«Mémoires de...l'Académie des Sciences de Paris. Année 1713. pag. 64»*.

boréale, pense que la méthode employée par La Hire n'est pas satisfaisante puisqu'il n'est pas certain que la dernière couche qui réfracte la lumière du Soleil au crépuscule est la couche supérieure de l'atmosphère. Paulian ajoute qu'une autre méthode de détermination de la couche atmosphérique utilisant le baromètre a été mise au point par Pascal. Le physicien en conclut *«qu'une élévation perpendiculaire de 12 toises au dessus de la surface de la Terre, produit une élévation d'une ligne [du baromètre]»*. La hauteur du baromètre ne dépassant jamais les 28 pouces, Paulian explique que cette méthode ne donne au final qu'une hauteur de 4032 toises. Cependant, il précise que cette manière de faire présente un gros défaut qui la rend trop approximative: l'atmosphère n'est pas un fluide homogène mais est composée de plusieurs couches successives dont les densités diminuent avec l'altitude. De plus, Paulian explique que Newton s'était aussi penché sur le sujet et a déterminé une hauteur d'environ 1500 lieues pour l'atmosphère terrestre. Enfin, il met ce problème *«dans la classe des insolubles»* mais assure tout de même: *«L'atmosphère terrestre a plus de 260 lieues de hauteur, puisque la fameuse aurore boréale de 1726 dont le siège est évidemment dans notre atmosphère, étoit au moins à 260 lieues de la Terre»*.

-L'air-

Paulian rappelle la définition de l'air que donne Descartes: *«Un fluide composé de parties irrégulières, très-déliées, à peu près semblables à de petites plumes, ou à de petits bouts de cordes»*. Paulian trouve que, même si cette description paraît plausible, rien ne permet vraiment de penser cela. Par contre, dit-il, il est bien établi que l'air possède les deux qualités suivantes: *«C'est un fluide très-grave & très-élastique ; très grave, puisque dans le baromètre il fait monter le mercure à 28 pouces, & dans les pompes aspirantes l'eau jusqu'à 32 pieds ; très-élastique, puisque comprimé il élève l'eau à une hauteur prodigieuse, & qu'il pousse dans un fusil à vent plusieurs bales avec encore plus de force que ne le fait la poudre enflammée dans les fusils ordinaires»*. Concernant maintenant les causes de la gravité et du ressort de l'air, Paulian demande de se référer à la partie de sa *«Physique générale pour la gravité & le ressort des corps considérés en général»*. De plus, il ne souhaite pas s'attarder sur les nombreuses expériences sur l'air comme celles

utilisant la machine pneumatique car, dit-il : *«Une pareille énumération seroit-elle supportable dans un Plan de Physique, & dans une occasion ou Descartes & Newton n'ont pas même pensé à se faire la guerre ?»* Paulian poursuit en parlant du son, sujet à propos duquel, dit-il, *«Newton n'a pas même pensé à contredire Descartes»*. Il explique que *«ces deux physiciens sont persuadés que ce n'est qu'un mouvement de trémoussement & de frémissement imprimé principalement aux parties insensibles des corps sonores»*. Pour cela, il remarque qu'il suffit d'avoir à l'esprit *«une corde de violon qui rend du son, lorsqu'on la pince avec le doigt, & qu'on voit pendant ce tems-là dans une espèce de tremblement»*. Il présente aussi l'expérience faite par La Hire: *«Ce physicien prit de petites pincettes qu'il soutint par l'arc sur le bout de son doigt ; il serra les extrémités des branches l'une contre l'autre vers le bas ; il les lâcha subitement ; les parties sensibles des pincettes frémirent très sensiblement, sans donner presque aucun son. Il frappa ensuite les branches de ces mêmes pincettes avec un morceau de fer, & l'on entendit un son fort clair»*. Cela fait conclure à Paulian: *«Le son dépend sur-tout des vibrations imprimées aux parties insensibles des corps sonores»*. Enfin, il explique que l'air qui est très élastique est aussi un corps sonore: *«Il est très-capable de recevoir dans ses parties sensibles & insensibles ce mouvement de trémoussement & de frémissement qui produit le son»*. De plus, il ajoute: *«C'est encore le véhicule qui fait passer le son jusqu'à l'organe de l'ouïe, puisque dans le récipient de la Machine pneumatique exactement purgé d'air, l'on n'entend pas les vibrations d'un pendule qu'on voit néanmoins aller & revenir»*.

-Les météores-

Paulian aborde les différents types de météores. Il signale que Descartes a très bien expliqué les météores aériens que sont les vents. Cependant, Paulian pense que *«l'attraction y rentre [aussi] pour quelque chose»* puisque tout comme les océans qui sont sujets aux flux et aux reflux causés par l'attraction de la lune et du soleil, l'atmosphère terrestre doit aussi subir l'influence de ces deux astres et *«doit être continuellement dans une très grande agitation»*. Ce complément d'explication sur les vents fait ainsi dire à Paulian: *«Voilà, mon cher chevalier, une explication des Météores aériens que je puis appeler Newto-Cartésienne ; de deux causes que je vous ai apportées, l'une m'a été*

fournie par Descartes, & l'autre par Newton». En ce qui concerne la formation des météores aqueux que sont les nuages, la neige, la pluie, la grêle et le serein, Paulian se fie complètement aux explications de Descartes. De même, *«son explication des Météores ignées a de très-bonnes choses»*, bien que depuis, dit-il, la machine électrique permet d'accéder à de *«nouveaux principes»* déjà évoqués ailleurs: *«Je vous les ai expliqués, en vous rendant compte des pensées de Descartes sur les causes des Eclairs & des Tonnerres»*. Sur l'explication de l'arc-en-ciel, Paulian n'a rien à dire de plus: *«Ajouter à ce qu'il y a de bon dans celle de Descartes les nouvelles découvertes de Newton ; & vous serez sur d'être applaudi de tout le monde»*. Enfin, Paulian finit en évoquant les causes accidentelles de la chaleur et du froid et explique alors: *«S'il fait plus chaud à Rome, qu'à Pekin, c'est que l'atmosphère de la dernière de ces deux villes est chargée de corpuscules nitreux, très-propres de leur nature à retarder le mouvement de la matière ignée, que vous sçavez être l'unique cause de la chaleur»*.

Dans sa réponse, le chevalier complète l'explication du son en faisant remarquer: *«L'air est le véhicule, non seulement du son direct, mais encore du son réfléchi»*. Il ajoute sur ce point: *«Lorsque le son réfléchi ne vient à nos oreilles qu'après le son direct, il forme les échos qui, pris matériellement, consistent dans des corps très-polis, capables de réfléchir l'air agité d'un mouvement de trémoussement & de frémissement. Lorsque le corps réfléchissant n'est pas éloigné de nous, alors le son réfléchi ne fait que renforcer le son direct»*. Enfin, le chevalier relève que Paulian n'a *«rien dit de la Rosée, des Parélies, des Parasélènes & des Halos»* mais que les explications des trois premiers phénomènes atmosphériques sont insérées dans la *«vie littéraire de Descartes¹⁷»*, de même pour l'explication des halos qui figure dans *«celle de Newton»*.

-La figure de la Terre-

Paulian revient sur ce qu'il avait déjà dit sur Newton au sujet de la figure de la Terre: *«Ce physicien avoit démontré par les loix des forces centrales que le globe que*

¹⁷ Notons que par *«vie littéraire de Descartes»* et *«vie littéraire de Newton»*, il désigne simplement les deux premiers tomes du *Traité de paix entre Descartes et Newton* dont l'un aborde l'œuvre de Descartes et l'autre celle de Newton.

nous habitons, étoit un sphéroïde aplati vers les pôles, & élevé vers son équateur ; & que l'axe de ce globe : au diamètre de son équateur :: 229 : 230 ; ce qui donne 12 à 13 lieues au diamètre de l'équateur sur l'axe de la Terre». Pour confirmer que la Terre a bien cette forme comme l'a calculé Newton, Paulian reprend l'expérience de Richer¹⁸. Ce dernier avait remarqué qu'un même pendule battant la seconde à Paris effectuait un mouvement de va et vient dans un temps plus grand lorsque l'expérience se faisait à Cayenne, non loin de l'équateur terrestre. Cette expérience montre donc que la gravité est moins forte au niveau de l'équateur et confirme donc que la Terre n'est pas sphérique (la gravité diminuant avec l'altitude). Cependant, Paulian remarque que cette expérience qui paraît concluante présente un gros défaut: la Terre n'est pas considérée comme un astre en rotation autour de son axe et la force centrifuge est oubliée. Si l'on prend cela en considération, l'expérience de Richer ne confirme plus la forme aplatie de la Terre puisque, explique Paulian: *«Une augmentation de force centrifuge annonce toujours une diminution de force centripète ; donc les corps qui sont sous l'équateur céleste, ont moins de force centripète que les autres ; donc la gravité des corps va toujours en diminuant [de l'équateur vers les pôles]»*. Paulian relate alors les observations astronomiques réalisées en divers lieux de la Terre qui ont enfin permis de confirmer les calculs de Newton: *«En l'année 1734, partirent par l'ordre & aux frais de Louis XV, pour le Nord M. M de Maupertuis, Clairaut, le Camus, le Monnier, l'Abbé Outhier & Celsius ; & pour le Pérou M.M. Bouguer, de la Condamine & Godin. Des opérations que ces sçavants Mathématiciens ont faites dans ces deux parties du monde, il résulte que le degré du Méridien terrestre est plus grand d'environ 1000 toises du côté des pôles, que du côté de l'équateur, c'est-à-dire, qu'il faut faire environ 1000 toises de plus du côté des pôles, que du côté de l'équateur, pour que l'élévation de l'étoile polaire change d'un degré par rapport à un même observateur ; donc la Terre est un sphéroïde aplati vers les pôles, & élevé vers l'équateur»*. Après avoir donné quelques précisions supplémentaires sur la méthode employée par Maupertuis et les autres physiciens, Paulian indique le sentiment de Nollet¹⁹ sur la cause qui a donné à la Terre cette forme particulière : *«Si la Terre a reçu, au moment de sa création, un mouvement de rotation sur son axe, comme elle l'a reçu en effet, l'équilibre n'a pas pu subsister entre des rayons égaux : car alors la force*

¹⁸ J. Richer réalisa cette expérience, en 1672, lors d'une expédition en Guyane.

¹⁹ Référence ajoutée: *«Leçons de physique Tome II. Pag. 150 & sui»*.

centrifuge a détruit une partie de la pesanteur, & cette diminution a toujours été en augmentant du pôle à l'équateur...La matière qui compose notre globe, a donc dû, pour être en équilibre avec elle-même, s'élever de plus en plus depuis les pôles jusqu'à l'équateur, & former un sphéroïde élevé vers l'équateur & applati vers les pôles». Pour rendre plus sensible cette explication, Paulian présente une expérience mise au point par Nollet permettant de visualiser cette évolution de forme: «[Il] remplit de paille d'avoine un sac de cuir de mouton, composé de 12 fuseaux semblables...Il garnit à ses deux pôles cette espèce de sphère flexible, de deux morceaux de bois percés qui glissoient sur un axe de fer...Il imprima à ce globe un mouvement de rotation. Ce mouvement lui fit perdre en peu de tems la figure sphérique, pour lui faire prendre celle d'un sphéroïde qui parut sensiblement applati vers les pôles, & élevé à l'équateur».

-Les tubes communicants-

Paulian s'intéresse aux fluides homogènes versés dans des tubes communicants et énonce le principe suivant: *«Des fluides qui se trouvent dans des tubes communicants, tendent toujours à se mettre en équilibre, & s'y mettent en effet, lorsqu'il n'y a pas des obstacles capables d'empêcher que cette loi de Méchanique n'ait son effet plein & entier»*. Il ajoute que cette loi reste vraie si les tubes ont des tailles différentes sauf pour les tubes capillaires, c'est-à-dire, *«les tubes dont le diamètre est à peu près semblable à celui d'un cheveu»*. De plus, il ajoute: *«Ce sera la raison qui m'apprendra que l'eau du petit tube doit être en équilibre avec l'eau du grand tube. En effet ces deux quantités d'eau doivent être en équilibre, si elles ont égale force²⁰»*. Comme la force est égale à la masse multipliée par la «vitesse dispositive», Paulian explique que *«deux quantités qui ont leurs masses précisément en raison inverse de leurs vitesses dispositives, ont égale force»*. C'est le cas pour les deux quantités d'eau se trouvant dans les tubes communicants de tailles différentes puisque, dit-il: *«Inclinez le grand tube, & obligez une partie de l'eau qu'il contient à passer dans le petit ; vous verrez que tandis que l'eau, tirée de son état d'équilibre, s'abaissera d'une très petite quantité dans le grand tube, elle s'élèvera d'une quantité très-considérable dans le petit»*. De plus, il poursuit en faisant

²⁰ C'est-à-dire que les deux masses d'eau exercent la même pression l'une sur l'autre.

remarquer que le rapport entre l'abaissement de l'eau dans le grand tube et l'élévation de l'eau dans le petit tube est une grandeur proportionnelle au rapport entre la masse d'eau qui s'élève et la masse d'eau qui s'abaisse. Et comme *«l'abaissement & l'élévation de ces deux quantités d'eau marquent leurs vitesses²¹»*, il s'en suit, pour Paulian, que *«ces deux quantités d'eau ont leurs masses en raison inverse de leurs vitesses»*, ont une force égale²², sont en équilibre et en conclusion: *«Dans deux tubes communicants de différente capacité, une eau parfaitement homogène doit garder un parfait niveau»*. Paulian aborde alors le cas des liquides hétérogènes de densités différentes que l'on verse dans deux tubes communicants: *«Ils se mettent aussi bien en équilibre, que des fluides homogènes...mais ils ne se mettent jamais de niveau»*. Il explique aussi que le liquide le plus dense surélève le liquide le moins dense d'une manière proportionnelle aux densités des deux liquides en présence²³. Pour finir, Paulian aborde les eaux salées et douces. Il rappelle que lorsqu'il s'agit de se prononcer sur le phénomène de flux et de reflux des eaux de mers, il est *«parfaitement Newtonien en cette matière»* et que lorsqu'il s'agit d'expliquer les phénomènes propres aux eaux douces comme les fontaines, il suit souvent la pensée de Descartes.

-Les tubes capillaires-

Paulian fait remarquer que le phénomène de capillarité intervient dans de nombreux effets de la nature: *«Si dans le corps humain le chile s'élève des veines lactées jusques au cœur ; si dans les arbres la sève monte depuis la racine jusqu'aux extrémités des plus hautes branches ; si du sein des montagnes les eaux souterraines fournissent des sources abondantes à des sommets qui vont se perdre dans les nûes ; si dans*

²¹ Paulian parle toujours de la vitesse *«dispositive»*.

²² Si l'on attribue l'indice 1 au tube le plus large et l'indice 2 au tube le moins large, l'on obtient alors la relation suivante: v_1/v_2 est proportionnel à m_2/m_1 donc $k = m_1 \times v_1 = m_2 \times v_2 = f_1 = f_2$. Ainsi, les deux quantités d'eau en mouvement ont donc des forces égales et sont alors en équilibre.

²³ Selon Paulian, comme la densité du mercure est treize fois supérieure à celle de l'eau, l'eau s'élève treize fois plus que le mercure dans deux tubes communicants de même dimension. De plus, dit-il: *«Appliquez cette règle au Baromètre, & vous ne serait pas surpris d'y voir en équilibre une colonne d'air de la hauteur de l'athmosphère terrestre avec une colonne de mercure de 27 à 28 pouces de hauteur»*. Ibid., p. 193.

l'atmosphère terrestre nous voyons les vapeurs & les exhalaisons s'éloigner, malgré leur gravité, de plusieurs lieux de la surface de la Terre &c. ; c'est principalement aux tuyaux capillaires que nous devons attribuer ces prodiges». Afin d'expliquer ce phénomène, Paulian remarque que, *«dans ces derniers tems, les Newtoniens n'ont pas manqué de recourir à une loi d'attraction en raison inverse des cubes des distances*». L'expérience montre que l'eau qui pénètre dans un tuyau capillaire plongé dans un récipient rempli d'eau s'élève au-dessus du niveau d'eau alors qu'avec du mercure, celui-ci s'élève en-dessous du niveau. De plus, il signale que la même chose arrive lorsque les deux tubes sont communicants: *«Vous aurez le même effet dans un siphon composé de deux branches, l'une capillaire, & l'autre non capillaire ; l'eau s'élèvera toujours plus haut, & le mercure toujours plus bas dans la première que dans la seconde*». Paulian reprend alors l'explication de Sigorgne ²⁴ qui fait intervenir l'attraction à distance: *«Le verre est plus dense que l'eau, & moins dense que le mercure ; & l'attraction se fait en raison directe des masses, ou de la quantité de matière ; donc le verre attire plus les particules d'eau qu'elles ne s'attirent entre-elles, & le contraire arrive dans le mercure ; donc dans un tube capillaire de verre l'eau doit aller au-dessus, & le mercure au-dessous du niveau*». Cependant, Paulian soulève plusieurs objections à cette explication. Si le phénomène ne dépend que des densités relatives entre le liquide et le tube, il devrait s'observer dans le cas des tuyaux non capillaires, ce que l'expérience ne montre pas... Une autre objection à la théorie des newtoniens se retrouve dans une dissertation du père Gerdil Barnabite ²⁵. Celui-ci a l'idée de remplacer le tube capillaire en verre par un tube capillaire en or afin de vérifier expérimentalement l'explication attractionniste: l'or ayant une densité plus grande que le verre, le mercure devrait s'élever dans le tube au-dessus du niveau atteint dans le récipient, et cela de manière encore plus marquée si le diamètre du tube se rétrécit. Paulian relate l'expérience: *«[Elle] nous apprend que cela n'arrive pas ; donc l'expérience nous apprend que l'attraction n'a point de part aux effets des tuyaux capillaires. Ces deux faits devroient suffire pour détromper ces Newtoniens outrés qui s'imaginent voir par-tout des marques d'attraction*». De plus, sans même recourir aux objections précédentes, Paulian rejette l'explication attractionniste car, dit-il: *«C'est une*

²⁴ Référence ajoutée: *«Institutions Newtoniennes par M. l'Abbé de Sygorgne, pag. 429*».

²⁵ L'ouvrage, publié en 1754, s'intitule: *Dissertation sur l'incompatibilité de l'attraction et de ses différentes loix avec les phénomènes ; et sur les tuyaux capillaires*.

folie en Physique d'en venir à des loix générales pour expliquer un effet quelconque, lorsqu'il n'est pas démontré que cet effet ne dépend d'aucune cause seconde, immédiate & mécanique ; or il n'est pas démontré que les phénomènes des tuyaux capillaires ne dépendent d'aucune cause seconde, immédiate & mécanique». Paulian entend donc apporter la preuve que l'interprétation du phénomène donnée par Sigorgne ne peut être adoptée en proposant une explication «cartésienne». Il remarque que l'eau s'élève plus que l'esprit de vin dans un même tube capillaire puisque l'eau présente une viscosité plus importante que celle de l'esprit de vin. De plus, il prend appui sur une expérience réalisée par le père Gerdil pour montrer que les aspérités des parois des tubes ont un rôle important dans ce phénomène: «[II] graissa avec de l'huile d'olive un siphon composé de 2 branches, l'une capillaire & l'autre non capillaire. Il y versa du mercure par la branche la plus large ; la liqueur s'éleva beaucoup plus haut dans la branche capillaire, que lorsqu'il s'étoit servi du siphon net²⁶... Cette expérience prouve évidemment que les aspérités du verre ont disparu par le moyen de l'huile dont on l'a enduit». Pour Paulian, le phénomène de capillarité est à mettre en lien avec les viscosités plus ou moins grandes des fluides et «les parois intérieures des tubes capillaires...hérissées d'un nombre innombrable...d'aspérités». Cependant, il précise: «Mais ce sont-là, mon cher Chevalier, de pures conditions ; il nous faut une, ou plusieurs causes physiques capables de produire une élévation qui paroît d'abord opposée aux loix de la Méchanique». Paulian pense que l'eau s'élève dans un tube capillaire bien au-dessus du niveau atteint dans le récipient car l'air qui gravite à la surface de l'eau et qui entoure le tube «la presse avec toute la force qui lui donnent son ressort & sa gravité ; ce même air au contraire n'a presque plus de force, lorsqu'il arrive à la surface de l'eau contenue dans le tube capillaire ; il a été exposé, avant que d'y arriver, aux frottements les plus considérables». Comme le fluide s'élève encore plus dans un tube capillaire plus mince, Paulian y voit là une preuve supplémentaire: «L'air a une fois plus de peine à entrer dans un tube d'une ligne, que dans un tube de 2 lignes de diamètre ; donc c'est la pression inégale de deux colonnes d'air, dont l'une gravite sur la surface de l'eau contenue dans le grand, & l'autre sur la surface de l'eau contenue dans le petit tube, qu'il faut regarder comme la cause principale des phénomènes embarrassans que nous présentent les tubes capillaires». En

²⁶ Paulian ajoute que, selon le Père Gerdil, le mercure dans le tube aurait même atteint le niveau de celui du récipient si l'introduction du mercure n'avait pas dégraissé en partie l'intérieur du tube.

outre, Paulian fait remarquer que son explication est l'objet de nombreuses objections. La première consiste à dire que, dans son système, l'élévation du fluide devrait dépendre de la hauteur du tube capillaire puisque *«l'air y éprouve beaucoup plus de frottements, que dans le tube le plus court»*. Mais l'expérience ne confirme pas cette prévision: le fluide s'élève toujours à la même hauteur quelque soit la grandeur du tube capillaire. Paulian juge l'observation inexacte puisque Musschenbroek²⁷ explique que *«les liquides montent beaucoup plus haut dans les longs tuyaux capillaires, que dans ceux qui sont courts»*. Paulian évoque aussi une autre expérience que Sigorgne met en avant pour critiquer le système qu'il défend: dans la machine pneumatique, il n'y a pas de différence constatée alors que l'air raréfié devrait *«s'insinuer très facilement dans le tuyau le plus capillaire»* et provoquer la baisse du liquide. Paulian répond qu'au contraire l'air raréfié aura *«encore plus de peine, que l'air ordinaire à pénétrer dans l'intérieur des tuyaux capillaires»* puisque, explique-t-il: *«L'air raréfié est un fluide dont les parties, pour la plupart rameuses, occupent un plus grand espace, que celui qu'elles occupoient avant leur raréfaction ; donc la pression inégale de deux colonnes d'un air très-raréfié peut & doit avoir lieu dans le vuide de Boile»*. Paulian évoque alors une autre difficulté que Sigorgne²⁸ signale : le vin et l'esprit de vin s'élèvent moins que l'eau dans des tubes capillaires similaires alors que les densités du vin et de l'esprit de vin sont plus faibles que celle de l'eau. Paulian fait remarquer que Sigorgne²⁹ rejette l'explication avec les différences de pression de l'air, puisque le plus léger des trois liquides (l'esprit de vin) n'est pas celui qui s'élève le plus dans le tube capillaire. Paulian rappelle alors l'importance de la viscosité des fluides dans son système: *«Le parois intérieures des tuyaux capillaires étoient hérissées d'un nombre innombrable d'aspérités qui étoient pour les fluides visqueux, comme autant d'échelons, à l'aide desquels on les voyoit s'élever au dessus du niveau, & qui se changeoient en véritables obstacles pour les fluides non visqueux»*. Ainsi, pour lui, comme l'esprit de vin est moins visqueux que l'eau, il s'élève alors moins dans le tube capillaire. De plus, il apporte quelques précisions sur cette viscosité qui *«ne doit être ni trop grande, ni trop petite»* car, dit-il: *«Si le fluide étoit trop visqueux, ses molécules auroient trop de peine à se détacher des échelons inférieurs, pour*

²⁷ Référence ajoutée: *«Essai de Physique, Tome. I. p. 326»*.

²⁸ Réf.: *«Institutions Newtoniennes, pag. 417»*.

²⁹ Réf.: *«Institutions Newtoniennes, pag. 419»*.

passer aux échelons supérieurs ; s'il ne l'étoit pas assez, ses molécules ne pourroient s'accrocher à aucun des échelons, qui opposeroient par-là même un obstacle très-réel à leur ascension dans l'intérieur des tuyaux capillaires». Pour lui, cela explique bien pourquoi «l'huile qui forme un fluide très léger, mais trop visqueux, n'est pas celui qui s'y élève le plus». Paulian fournit alors les tables dressées par Carré et Musschenbroek³⁰ qui permettent de comparer les élévations de différents fluides dans les tubes capillaires puis il commente une expérience de Bulsinger³¹: «Ce physicien allongea en tube capillaire la cuvette d'un baromètre. Le vif argent se tint dans le tube à la hauteur ordinaire, & il suivit dans la suite, comme les autres baromètres, toutes les variations de l'atmosphère». Sigorgne pense que les résultats de cette expérience montrent clairement que l'air pénètre aussi bien dans un tube ordinaire que dans un tube capillaire et que, par conséquent, «l'inégale pression est une pure imagination». Au contraire, Paulian remarque que «l'expérience de M. Bulsinger fait plutôt pour, que contre le sentiment de l'inégale pression»: pendant l'allongement de la cuvette en tube capillaire, l'air enfermé dans celle-ci reste en contact permanent avec l'air de l'atmosphère et les deux fluides se maintiennent donc en équilibre. Par conséquent, il explique que «l'air contenu dans la cuvette a du participer peu à peu aux variations de l'atmosphère» et que «le mercure du baromètre a du suivre les mêmes variations». Il ajoute que, comme l'équilibre entre l'air de l'atmosphère et l'air enfermé dans la cuvette allongée en tube capillaire se fait avec lenteur, le baromètre de Bulsinger doit suivre les mêmes variations qu'un baromètre ordinaire mais avec un décalage dans le temps³². Ainsi, il peut ajouter une preuve supplémentaire à son système: «La lenteur avec laquelle un baromètre dont la cuvette a été allongée en tube capillaire, suit les variations de l'atmosphère, me démontre évidemment que l'air pénètre beaucoup plus difficilement dans l'intérieur des tubes capillaires, que dans l'intérieur des tubes ordinaires». Pour finir, Paulian relate une dernière expérience que Musschenbroek présente dans ses *Institutions Newtoniennes* : «Ce Physicien laissa tomber une goutte d'eau sur la surface extérieure d'un tuyau

³⁰ Paulian reprend la table de Carré citée dans l'ouvrage de Musschenbroek: «*Essai de Physique de Muschembroek ; Tom. I. pag. 330*».

³¹ Référence ajoutée: «*Institutions Newtoniennes, page. 420*».

³² Notons que ce décalage n'a jamais été observé dans la pratique. Paulian ne fait que remarquer que Bulsinger «ne dit pas que le baromètre en question les ait suivies aussitôt que les baromètres ordinaires», ce qui ne prouve rien...

capillaire...Cette goutte trop pesante pour être soutenue, descendit tout le long du tube, & parvint enfin à son orifice...Alors elle acquit un mouvement rétrograde, &...monta dans le tube avec beaucoup de vitesse». Après avoir réalisé lui-même plusieurs fois l'expérience, Paulian observe que n'entre «dans le tube qu'une très petite partie de la goutte ; le reste tombe à terre». Pour lui, l'attraction du verre sur l'eau ne rentre pas en jeu dans cette expérience puisque si tel était le cas, le verre devrait alors empêcher la goutte de s'écouler par gravité le long de sa surface. Paulian donne alors son explication: «L'air renfermé dans l'intérieur du tube capillaire a beaucoup moins de force, que l'air extérieur ; donc l'eau qui s'insinue dans ce tube, doit avoir encore moins de peine à y rentrer, qu'elle n'en auroit à diviser l'air extérieur pour tomber à terre. Peut-être toute la goutte d'eau y entreroit-elle, si l'ouverture d'un tube de cette espèce n'étoit pas essentiellement très-étroite».

-Les leviers-

Paulian aborde la mécanique particulière des machines simples ou complexes permettant de démultiplier les forces comme «*les Balances, les Romaines, les Poulies mobiles & immobiles, le Cabestan, les Rouës ordinaires & dentées, le Coin, la Vis, le Plan incliné, &c.*». Pour commencer, Paulian donne les différentes notions générales qu'il faut connaître: «*1°. Puisque la Méchanique particulière est la Science des Machines, & que les Machines n'ont été inventées que pour augmenter la force de la Puissance qu'on y applique, je voudrais qu'on fit bien remarquer, au commencement de la Méchanique particulière, la différence qu'il y a entre la force d'une Puissance qui souleve un poids énorme avec le secours d'une bonne Machine, & la force de la même Puissance qui tenteroit de soulever ce poids sans un tel secours...2°. Je voudrais qu'on fit ensuite remarquer que la Force étant le produit de la masse par la vitesse, la Méchanique ne peut arriver à son but, qu'en communiquant à la Puissance beaucoup plus de vitesse qu'au poids...3°...plus une Puissance appliquée à une Machine, est éloignée du point d'appui, & plus elle a de vitesse*». Paulian examine alors les différentes types de

leviers³³. Il démontre que *«deux poids appliqués à un levier sont en équilibre, lorsqu'ils ont leurs masses en raison inverse de leurs distances au point d'appui»*. Puis, il précise cette loi en ajoutant une règle générale pour le levier de la première espèce afin de ne pas négliger le poids du levier: *«La distance du grand poids au point d'appui : à la distance du centre de gravité du levier au même point d'appui :: la pesanteur du levier : à un quatrième terme qui vous donnera la partie du grand poids que le centre de gravité du levier tiendra en équilibre»³⁴*. De même, pour le levier de la seconde espèce, Paulian donne la règle générale suivante: *«La longueur du levier : à la distance de son centre de gravité au point d'appui :: la pesanteur du levier : à un quatrième terme qui donnera l'effort que devra faire la Puissance pour élider cette pesanteur»*. Enfin, Paulian évoque brièvement le cas des leviers de troisième espèce qui présentent bien peu d'intérêt à ses yeux: *«Cette machine, ou plutôt, cette anti-machine diminue nécessairement la vitesse de la Puissance»*.

-Les frottements solides-

Paulian développe la physique des frottements solides et signale que l'utilisation du microscope a permis d'observer *«que sur la surface du corps le plus poli il se trouve un nombre innombrable d'éminences & de cavités»*. Paulian explique que la conséquence de cette découverte est qu' *«il est impossible de poser un corps sur un autre, sans obliger les éminences de l'un d'entrer dans les cavités de l'autre»*. Ainsi, pour Paulian, il devient

³³ Paulian dénombre trois types de leviers. Le levier de la première espèce est celui où le point fixe se trouve entre *«la puissance et le poids»* comme les balances romaines ou les ciseaux. Le levier de la seconde espèce est celui où le poids se trouve entre *«la puissance et le point fixe»* comme le couteau du boulanger. Enfin, il évoque le levier de la troisième espèce où la puissance se situe entre le poids et le point fixe comme les badines qui sont de petites pinces.

³⁴ Par exemple, pour un levier de 6 pieds et 12 livres, si l'on applique un poids de 100 livres à 2 pieds du point d'appui, calculons le poids (puissance) qui permettrait au système d'être en équilibre. Si l'on applique la règle générale pour un levier de première espèce, l'on obtient alors: $2 : 1 :: 12 : x$ d'où $x = 6$ et donc le grand poids à considérer n'est que de $100 - 6 = 94$ livres si on prend en compte le poids du levier. Enfin, $94 : y :: 2 : 4$ d'où $y = 47$ et donc le petit poids (puissance) à disposer pour mettre le système en équilibre est de 47 livres.

facile de comprendre pourquoi *«les corps passent si facilement de l'état de mouvement à celui de repos»*: les aspérités des surfaces font obstacles au cours du mouvement. Avant de donner les différentes règles qui régissent *«le calcul des résistances que le frottement oppose à tout corps, à toute machine que l'on veut mettre en mouvement»*, Paulian approfondit la notion de frottements solides: *«Il y a deux espèces de frottemens. Le frottement de la première espèce consiste à appliquer successivement les mêmes parties d'une surface à différentes parties de l'autre. Celui de la seconde espèce a lieu, lorsque l'on fait toucher successivement différentes parties d'une surface à différentes parties de l'autre»*. Il donne l'exemple suivant: une charrette en mouvement qui a l'une de ses deux roues enrayée éprouve en même temps les deux sortes de frottements. La roue enrayée produit des frottements de la première espèce et l'autre roue, ceux de la seconde espèce. De plus, Paulian fait remarquer que les frottements successifs sur une machine quelconque provoquent au bout d'un certain temps l'*«écrasement»* de ses aspérités, ce qui explique pourquoi: *«Une Machine, après avoir servi quelques temps, est plus facile à mouvoir, qu'elle ne l'étoit, lorsqu'elle sortit des mains de l'ouvrier»*. Enfin, Paulian signale que tout ce qui concourt à faire disparaître *«les éminences et les aspérités»* à la surface des corps permet de diminuer les frottements et il ajoute: *«Les Voituriers agissent-ils, sans le sçavoir, en bons physiciens, lorsqu'ils graissent les moyeux des rouës de leurs voitures»*. Paulian en vient à énoncer les six règles qui s'appliquent aux frottements solides. La première est: *«Le frottement de la première espèce, tout le reste étant égal, cause une plus grande résistance, que le frottement de la seconde espèce»*. La charrette en est le parfait exemple: les chevaux auront plus de mal à la tirer avec une ou deux roues enrayées. La seconde règle stipule: *«Le frottement, de quelque espèce qu'il soit, est plus considérable, lorsqu'on fait mouvoir, l'un sur l'autre, des corps de même matière»*. Pour preuve, Paulian reprend les résultats des expériences réalisées par Musschenbroek³⁵ avec lesquels le physicien explique, dans son *Essai de physique*: *«Les corps faits d'une même matière, ayant des éminences & des cavités tout-à-fait semblables, il est très-facile que celles-là ne soient pas faites pour s'engrainer avec*

³⁵ Référence ajoutée: *«Essai de Physique, Tome I. pag. 181»*. Dans ces expériences, commente Paulian, Musschenbroek applique l'une sur l'autre des planches de bois d'espèces différentes (sapin, chêne...). Cela lui permet de mesurer les valeurs en dragmes des frottements exercés, le dragme étant une très petite unité de masse.

aisance dans celles-ci ; ce qui n'arrive guères à deux corps faits de différente matière». Avec la troisième règle, Paulian précise que le frottement augmente avec la surface de contact, les expériences de Musschenbroek confirmant une nouvelle fois la règle: *«Plus la surface est grande, plus elle a d'éminences qui s'engraineront dans les cavités du plan»*. La quatrième règle –*«le frottement, de quelque espèce qu'il soit, augmente par la pression»*– n'a rien de surprenant pour Paulian car, dit-il: *«Plus la pression augmente, plus avant s'engagent dans les cavités du plan les éminences du corps qui se meut ; il en est de même des éminences de celui-là vis-à-vis des cavités de celui-ci. Plus avant les éminences s'engagent dans les cavités, plus il est difficile de les en faire sortir. Plus il est difficile de faire sortir des cavités les éminences qui y sont entrées, plus le frottement augmente ; donc le frottement augmente par la pression»*. Il fait aussi part d'une autre expérience réalisée par l'abbé Deidier³⁶ consistant à calculer les frottements exercés par une corde sur une poulie. La cinquième règle stipule qu'*«à proportions égales, la résistance des frottements augmente plus considérablement par des pressions, que par des surfaces»*. A cela, Paulian précise que les frottements d'une planche de sapin doublent quand la pression est multipliée par deux et qu'ils ne sont multipliés que par 22/17 si la surface de la planche triple. La sixième et dernière règle est: *«La résistance des frottements augmente, dans un tems donné, avec la vitesse du corps qui se meut»*. Ainsi, prenant l'exemple d'un corps ayant deux degrés de vitesse, Paulian explique: *«Il parcourera dans une minute une fois plus d'espace, que lorsqu'il n'en aura qu'un ; donc il trouvera plus de cavités dans lesquelles ses éminences s'engraineront ; il en sera de même des éminences du plan vis-à-vis des cavités du Mobile»*. Les expériences de Musschenbroek valident cette règle mais donnent des résultats qui pourraient faire croire, signale Paulian, que les frottements sont en raison directe des vitesses. Cependant, reprenant les *Leçons de physique expérimentale* de l'abbé Nollet³⁷, il explique que l'augmentation de la résistance engendrée par la vitesse *«a ses bornes ; au-delà desquelles on peut accélérer les mouvements, sans que les frottements en deviennent plus considérables»*. Ainsi, à partir d'une certaine vitesse, son augmentation n'entraîne plus d'augmentation des frottements, ce que Nollet interprète ainsi: *«Une vitesse qui fait mouvoir un corps avec beaucoup de rapidité, fait aussi que ses éminences franchissent bien des cavités du plan*

³⁶ Expérience tirée de *La mécanique générale* (1741) dont Paulian précise la page considérée: *«Page. 429»*

³⁷ Paulian précise que cela provient de la troisième leçon: *«Tome I. page. 237»*.

dans lesquelles elles entreroient, si la vitesse du mobile étoit moindre». Paulian termine en donnant pour chacune des règles énoncées précédemment une conséquence. Par exemple, la troisième règle aboutit au fait que *«lorsqu'on a une certaine quantité d'eau à conduire, il vaut mieux la faire passer par un grand tuyau, que par différens petits tuyaux»*. Enfin, Paulian développe les frottements solides dans le cas particulier des cordes ³⁸.

Les frottements fluides-

Paulian aborde *«les deux espèces de Résistances qu'opposent les fluides»*. Dans un premier temps, il fait remarquer que Newton a beaucoup écrit sur la résistance des milieux. Comme Paulian l'avait déjà dit auparavant, il est établi que *«tout corps solide qui entre dans un fluide, y éprouve comme nécessairement deux espèces de résistances ; l'une vient de la cohésion des parties du fluide qu'il faut désunir, l'autre de la quantité de matière qu'il faut déplacer»*. Pour faciliter la présentation des choses, Paulian les nomme, selon l'ordre précédent, *«résistance de la première espèce»* et *«résistance de la seconde espèce»*. Il donne alors les règles pour calculer ces deux types de résistances. La première règle dit que *«la Résistance de la première espèce est en raison directe de la viscosité des fluides»* car, dit-il: *«Plus un fluide a de viscosité, plus les parties qui le composent ont de cohésion, plus il est difficile de les désunir. Plus il est difficile de désunir les parties d'un fluide, plus il oppose de Résistance de la première espèce»*. Ainsi, il ajoute que les

³⁸ Paulian veut examiner *«quelle est la résistance des cordes, & quels sont les moyens que nous avons de l'évaluer»*. Il donne les règles qu'il faut connaître à ce sujet: *«Première Règle. Plus une corde est pesante, plus la résistance qu'elle oppose est considérable...Seconde Règle. Plus le diamètre d'une corde est considérable, plus elle oppose de résistance...Troisième Règle. Plus une corde est roide, plus grande est la résistance qu'elle oppose...Quatrième Règle. La roideur des cordes, toutes chose égales d'ailleurs, est en raison directe des poids qu'elles soutiennent...Cinquième Règle. La résistance des cordes, totalement prise, est en raison composée directe de leur pesanteur, de leur diamètre, & de leur roideur...»*. Par ailleurs, pour confirmer expérimentalement les règles précédentes, Paulian s'appuie sur un mémoire d'Amontons, paru dans les *Mémoires de l'Académie Royale des sciences* de l'année 1699, dans lequel une table complète des résistances des cordes dans différents cas de figure est présentée. A partir de ce mémoire, Paulian donne ainsi *«les plus grands poids qui puissent soutenir les cordes de chanvre de différent diamètre»*.

physiciens pensent qu'un corps entrant dans le mercure n'éprouve pas de résistance de la première espèce car les globules du fluide *«n'ont aucune cohésion sensible, les uns avec les autres»*. Dans les deuxième, troisième et quatrième règles, Paulian donne les autres propriétés de la résistance de la première espèce. Ainsi, cette résistance s'exprime aussi *«en raison directe des surfaces des solides que l'on fait mouvoir dans un fluide»*, *«en raison directe des tems que les solides ont employés à traverser le fluide»* et donc, *«en raison composée directe de la viscosité des fluides, de la surface des solides, & du tems employé à traverser les fluides»*. De la cinquième à la huitième règle, Paulian énonce les propriétés de la résistance de la seconde espèce. Cette résistance, explique-t-il, est *«proportionnelle à la quantité de matière que le corps solide doit déplacer dans un tems donné»* et comme cette quantité de matière déplacée est elle-même proportionnelle à la densité du fluide, la cinquième règle stipule donc que la résistance de la seconde espèce est proportionnelle à la densité du fluide. Paulian fait référence aux expériences réalisées par Nollet pour confirmer cette dernière règle. Dans une expérience, Nollet fait osciller des pendules identiques dans deux fluides différents, l'air et l'eau, et relève alors les temps qu'il faut pour constater l'arrêt des mouvements. Ainsi, dans l'eau, le pendule s'arrête au bout de cinq à six secondes alors que dans l'air, il conserve son mouvement pendant un temps très long. Paulian remarque alors: *«Il seroit à souhaiter que M. l'Abbé Nollet eut compté le nombre de secondes qui s'écoulerent, avant que la Résistance de l'air eut réduit la seconde boule à un parfait repos ; par là nous aurions connu s'il est vrai, comme on le dit, que l'air soit huit à neuf cent fois moins dense que l'eau»*. De plus, il ajoute que Newton avait lui aussi réalisé des expériences avec des pendules pour vérifier la cinquième règle, ce dernier les décrivant à *«la fin de la Section sixième du livre second des Principes mathématiques»*. Paulian explique que Newton *«fait osciller des Pendules de fer alternativement dans le mercure & dans l'eau»* et trouve que la résistance éprouvée par le pendule dans le mercure par rapport à celle produite par l'eau est *«comme 13 ou 14 à 1 environ ; c'est-à-dire, comme la densité du vif argent à celle de l'eau»*. La sixième règle précise que *«la résistance de la seconde espèce, tout le reste demeurant égal, est proportionnelle à la surface des solides qui se meuvent dans un fluide»*. A cela, Paulian ajoute: *«En effet une surface quadruple déplace quatre fois plus de matière...Nous éprouvons nous-mêmes tous les jours que l'eau nous résiste plus, lorsque nous la poussons avec le plat de la main, que lorsque nous la divisons avec le tranchant*

seulement». La septième règle —«*La résistance de la seconde espèce augmente avec la vitesse du corps dans un fluide*»— est justifiée par Paulian. Ainsi, si les mobiles sont égaux en «*masse, en volume & en figure*», celui qui possède une vitesse plus grande éprouve une résistance de la seconde espèce plus importante car il déplace plus de matière dans un temps donné. Enfin, la huitième règle regroupe les trois règles précédentes: «*La Résistance de la seconde espèce, prise totalement, est en raison composée directe de la densité des fluides, de la surface des mobiles, & de leur vitesse*». Pour finir, Paulian fait part d'une controverse importante qui touche à la septième règle: «*Vous devez avoir été étonné, mon cher Chevalier, que je ne vous aie rien dit dans ma lettre du fameux procès qui partage encore aujourd'hui les Physiciens. Les uns veulent que la Résistance de la seconde espèce soit précisément en raison directe de la vitesse du mobile ; les autres prétendent qu'elle est en raison directe du quarré de la même vitesse*». Ces derniers pensent, explique Paulian, qu'en doublant la vitesse, non seulement le mobile déplacera une quantité de matière deux fois plus importante mais, en plus, il «*frappera chaque molécule fluide avec une force double*». Ainsi, en suivant ce raisonnement, un mobile qui double sa vitesse éprouve alors de la part du fluide une résistance de la seconde espèce quatre fois plus importante ; en triplant sa vitesse, la résistance devient neuf fois plus grande... Cependant, Paulian n'y voit pas une véritable démonstration et en propose une autre: «*Je prens le Cylindre A & le cylindre B. Je les suppose aussi denses que l'eau, & parfaitement égaux entre eux. Je donne au premier un degré de vitesse qui lui fasse parcourir, dans la première seconde de tems, la longueur de son axe, & au second 3 degrés de vitesse qui lui fassent parcourir, dans le même tems, 3 fois la longueur de son axe*». Dans ce cas de figure, Paulian pense que «*le cylindre A, parcourant la longueur de son axe, a déplacé une masse égale à la sienne, & qu'il lui a communiqué la moitié de sa vitesse, c'est-à-dire la moitié d'un degré*». Ainsi, poursuit-il, «*la résistance de la seconde espèce qu'il a éprouvée de la part de l'eau, est donc représentée par la vitesse perdue, ou par la fraction $\frac{1}{2}$* ». Pour Paulian, le cylindre B perd aussi la moitié de sa vitesse à chaque fois qu'il franchit sa longueur, soit pour la totalité de son déplacement, une perte de vitesse de $\frac{21}{8}$ d'un degré ($\frac{3}{2} + \frac{3}{4} + \frac{3}{8}$). La résistance totale qu'il éprouve durant son mouvement est donc représentée par la fraction $\frac{21}{8}$. Au terme de ce développement, Paulian obtient donc le résultat suivant: «*Dans l'hypothèse que je viens de faire ; le cylindre B qui a 3 degrés de vitesse contre 1, éprouve de la part de l'eau une Résistance*

de la seconde espèce plus que triple de la Résistance qu'éprouve le cylindre A, puisque celui-ci ne perd que la $\frac{1}{2}$ de sa vitesse, & que celui-là en perd $\frac{21}{8}$ ³⁹; mais je sçais aussi que le cylindre B n'éprouve pas neuf fois plus résistance. Aussi me suis-je bien gardé de vous dire que la Résistance de la seconde espèce fut en raison directe de la vitesse, ou du quarré de la vitesse du mobile ⁴⁰».

-Les tremblements de terre-

Paulian explique que Newton et Descartes ont le même avis sur la cause des volcans et des tremblements de terre qui sont provoqués par «un feu central, ou plusieurs feux souterrains» situés au sein du globe terrestre. Paulian évoque alors un point déjà abordé dans le premier tome de son ouvrage: «La matière électrique pourroit bien avoir quelque part aux terribles secousses dont notre globe n'est que trop souvent agité». Paulian détaille alors les causes qui, selon lui, sont communément admises pour expliquer le phénomène du tonnerre : «Ce qui cause le tonnerre dans l'athmosphère terrestre, ce sont des particules sulphureuses & bitumineuses mises dans l'état actuel d'électricité...Ce qui met dans l'athmosphère terrestre les particules sulphureuses & bitumineuses dans l'état actuel d'électricité, ce sont des vents contraires qui les portent les unes contre les autres...Ces secousses terribles dont l'athmosphère est agitée, ces bruits effroyables dont elle retentit, ont pour cause une certaine quantité d'air, que les flammes électriques ont dilaté, & que le ressort & les loix de l'équilibre forcent à reprendre son premier état». Pour Paulian, il existe certaines particules qui sont à l'origine des tremblements: «De ces particules électrisées il sortira des bluettes qui enflammeront des tas énormes de souffre & de bitume ; & ces tas enflammés causeront les plus violents tremblements de Terre». Il pense que des vents contraires agissent à l'intérieur de la Terre pour mettre les particules sulphureuses et bitumineuses en «état d'électricité». Ainsi, la grande quantité d'air enfermée dans les cavités souterraines se dilate lorsque ces particules s'enflamment et causent alors les tremblements de terre.

³⁹ Le rapport des résistances entre le cylindre B et A est égale à $\frac{21}{8} : \frac{1}{2} = \frac{21}{4} = 5,25$.

⁴⁰ Paulian pense que la vitesse décroît de manière proportionnelle à l'enfoncement du cylindre dans le fluide, ce qui est faux puisqu'il ne prend pas en compte la poussée d'Archimède.

Paulian peut donc supposer: *«Ce ne sera pas donc faire un roman en Physique, mon cher Chevalier, que d'assurer que les mêmes causes qui produisent le tonnerre dans l'atmosphère terrestre, occasionnent dans le sein de notre globe ces secousses épouvantables dont il est agité»*. De plus, il ajoute: *«Puisque nous reconnoissons la matière électrique pour cause de celui-là, pourquoi ne la reconnoîtrions-nous pas pour cause de celles-ci »* De plus, il remarque que Newton disait la même chose que lui dans la 31^e question de son *Optique* et que le Cardinal de Polignac ⁴¹ faisait à peu de chose près la même analogie que lui. Paulian termine en disant: *«Si de tems en tems les feux souterrains ont des effets funestes, ils en produisent habituellement de très-bons. C'est à leur action que nous devons la formation des Fossiles dont je dois vous entretenir dans la suite»*.

-Les fossiles-

Paulian en vient aux fossiles et commence par en donner la liste: *«Les pierres ordinaires & précieuses, le sel gemme, le nitre, le soufre, le bitume, le vitriol, les métaux, & l'aiman»*. Concernant la formation des pierres, il évoque le botaniste Tournefort ⁴² qui pense que *«les pierres viennent d'une semence présupposée»*, contrairement à Descartes qui, selon Paulian, était totalement opposé à cette idée. Sur cela, Paulian ne souhaite pas se prononcer. Il remarque aussi que le sel de gemme est identique à celui contenu dans l'eau de mer et que, par conséquent: *«Descartes & Newton ont fait sur la nature du sel des conjectures qu'il n'est pas possible d'adopter»*. En outre, il ajoute: *«Il est encore moins possible de suivre Newton, lorsqu'il assure que quelques grains de sel jetés au fond d'un vase, ne salent également l'eau qu'il contient, que parce que les parties salines sont douées d'une véritable force répulsive»*. L'explication qu'en donne Paulian est différente: *«Le sel dissous se mêle avec l'eau, à peu près comme les acides se mêlent avec leurs alkalis»*. Enfin, pour avoir une connaissance plus détaillée sur *«quelques espèces de sels moins communs, comme le sel ammoniac, le sel de tartre, le salpêtre, ou le nitre,*

⁴¹ Référence ajoutée: *«Anti-lucrèce, livre 5»*.

⁴² Notons qu'aucune référence n'est donnée par Paulian.

l'alun, le vitriol, &c.» ou bien encore sur la nature du soufre et du bitume, il conseille de lire la *«Chymie de Lemery, commentée par Baron»*⁴³.

-Les métaux-

A propos des métaux, Paulian se propose de répondre aux trois questions suivantes: *«Quelle idée doit-on avoir des Métaux considérés en général ? En combien d'espèces peut-on les diviser ? Comment se forment-ils dans le sein de la Terre ?»* Il explique alors que *«les métaux sont des corps durs, ductiles, fusibles & mixtes»*. Concernant les causes de la dureté des corps, Paulian ne souhaite pas revenir sur un point qu'il a déjà développé dans sa physique générale. La ductilité et la fusibilité s'observent facilement grâce à quelques expériences que décrit Paulian. Il attribue la ductilité des métaux *«à la figure de leurs parties intégrantes»* et ajoute: *«Je crois qu'elles sont très-longues, très polies, très-propres à s'appliquer les unes sur les autres, & encore plus propres à glisser les unes sur les autres»*. Reprenant les résultats de la célèbre expérience du verre brûlant faite par Homberg⁴⁴ et les affirmations de Lemery, Paulian considère que les métaux sont des corps mixtes. L'argent est ainsi un assemblage de mercure, de soufre et de sel. Il en est de même pour les autres métaux qui sont composés en quantités variables de substances comme le sable fin, la terre, le vitriol... De plus, Paulian remarque que le mercure n'est pas un métal à proprement parler car il n'est ni dur, ni ductile: *«Aussi le regarde-t-on en Chymie comme la matière de la plûpart des Métaux»*. Il pense aussi que le secret de la pierre philosophale est impossible à connaître: *«En effet quand même l'or seroit composé de mercure & de la matière dont on fait le verre...ce ne seroit-là, qu'un très-petit commencement pour ce qu'on appelle le grand œuvre. Il faudroit sçavoir encore quelle est la dose de chacun des éléments de l'Or, quelle est la préparation qu'ils exigent, comment on peut les mêler & les unir ensemble, de quels agents il faut se servir pour cela, &c»*. Paulian compte six métaux différents que sont l'or, le plomb, l'argent, le cuivre, le fer et l'étain. Ce sont là les six seuls corps, remarque-t-il, qui sont *«en même-tems durs, ductiles, fusibles & mixtes»*. A la question, comment se

⁴³ N. Lémery, *Cours de chymie*, Nouvelle éd. (par M. Baron), 1756.

⁴⁴ Référence ajoutée: *«Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris. Année 1702 pag. 143»*.

forment les métaux à l'intérieur de la Terre? Paulian ne donne aucun crédit à l'explication de Descartes sur la formation des pierres et en propose une autre: *«Pour moi, après avoir avoué que les feux souterrains sont les principaux Agens qui mettent en mouvement, & qui réunissent les parties élémentaires des Métaux, j'ajouterai sans peine que chaque masse métallique a un germe, ou une espèce de semence, crée depuis le commencement du monde, à peu près semblable à celles que les botanistes donnent aux plantes, & que M. Tournefort donne aux pierres»*. Paulian en vient aux cas particuliers rencontrés dans la calcination des métaux. Alors que la plupart des corps perdent de leur masse après leur calcination, le fer, l'étain et le plomb en gagnent. Dans le cas général, la raison d'une perte de masse lui paraît évidente: *«L'action du feu fait évaporer un très grand nombre de leurs parties intégrantes ; ces corps perdent donc de leur matière»*. Paulian remarque que dans le cas d'une augmentation de masse après la calcination, *«les Physiciens ont fait trois espèces de systèmes pour expliquer ce fait»*. Le premier système vient de Boyle ⁴⁵: *«Le métal perd un assez grand nombre de ses parties intégrantes ; mais il reçoit un si grand nombre de particules ignées, que non seulement ses pertes sont réparées, mais qu'encore son poids est très-visiblement augmenté»*. Dans un autre système, Paulian explique que Hales ⁴⁶ remplace les particules ignées de Boyle par l'air entourant qui s'intègre au corps pendant la calcination. Paulian précise que cette explication de Hales a davantage les faveurs des physiciens que celle de Boyle car *«l'air est évidemment plus pesant que le feu»*. Il ajoute que Privat de Molières ⁴⁷ est l'auteur d'un autre système dans lequel ce ne sont plus l'ensemble des molécules d'air qui s'immiscent dans les corps pendant la calcination mais *«les molécules aqueuses, huileuses, salines, sulphureuses qui sont très-pesantes»* et qui sont logées dans les pores de l'air. Enfin, Paulian dit avoir une préférence pour le système de Privat de Molières: *«Comme les trois causes qu'apportent Boile, Hales & Privat de Molières, peuvent concourir à produire le phénomène dont il s'agit, je serois tenté de croire que le métal calciné doit son augmentation de poids non-seulement aux particules hétérogènes contenues dans l'air que nous respirons, mais encore aux particules ignées & aériennes introduites dans le métal pendant le tems de la calcination»*.

⁴⁵ Pas de référence ajoutée.

⁴⁶ Pas de référence.

⁴⁷ Réf.: *«Leçons XI, Prop. VI»*.

-Les aimants-

A propos des aimants, Paulian rappelle qu'il avait détaillé dans le premier tome de son ouvrage le système de Descartes qu'il juge «romanesque». Il commente alors les idées de Newton à ce sujet: *«Désespérant de ramener à des causes mécaniques ce grand nombre de phénomènes magnétiques dont l'existence nous est constatée par des expériences les plus sensibles, [il] a prononcé hardiment que le magnétisme dépendoit, comme la gravité, d'une attraction en raison directe des masses, & en raison inverse des quarrés des distances»*. Pour Paulian, cette explication ne peut être adoptée: *«La force d'attraction de l'Aiman ne dépend pas de sa grosseur, puisque le même fer est très souvent beaucoup plus attiré par un petit Aiman, que par un grand ; lorsqu'on voit que le même Aiman tantôt attire, & tantôt repousse le même fer ; lorsqu'on voit enfin qu'il est impossible de décider si, à 2 pouces du même Aiman, le même fer est quatre fois moins attiré qu'à un pouce»*. Il propose donc son propre système et présente *«quelques conjectures»* plus proches, dit-il, des *«lois de la saine Physique, que les systèmes de Descartes & de Newton»*: *«1°. Je crois que les Aimans & les corps aimantés ont des pores droits & parallèles à leur axe. 2°. La force des Aimans & des corps aimantés réside dans les deux côtés, où se trouvent les ouvertures des pores dont nous venons de parler ; & c'est à ces côtés que nous avons donné le nom de Pôles...3°. Je suis persuadé qu'il y a dans chaque Aiman & dans chaque corps aimanté un très-grand nombre de corpuscules que j'appelle magnétiques...4°. Je donne à chaque Aiman une atmosphère plus ou moins étendue, composée de semblables corpuscules. 5°. Ces corpuscules, assez subtils & assez déliés pour traverser les corps les plus denses & les plus durs, ont une vertu singulière: ils se tournent constamment d'un côté vers le pôle Boréal, & de l'autre vers le Pôle Méridional de la Terre»*. Pour Paulian, les corpuscules magnétiques gardent une direction particulière parce qu'ils proviennent de la Terre semblable à un gros aimant qui a aussi des pores droits et parallèles: *«C'est par l'ouverture de ces pores que se fait l'émission des corpuscules magnétiques...& c'est la violente fermentation qui règne dans le sein de notre globe, que nous devons regarder comme la cause physique de cette émission»*. De plus, il pense que *«les corpuscules magnétiques, sortis du sein de la Terre par son côté Boréal & par son côté Méridional, sont inertes»*, ce qui leur donne la propriété de conserver *«un aspect & une direction constante vers les Pôles d'où ils sortent»*. Grâce à

son système sur l'aimant, Paulian peut expliquer quelques phénomènes magnétiques bien connus. Ainsi à la question, pourquoi *«le fer et l'acier reçoivent la vertu magnétique, lorsqu'on les frotte contre une pierre d'Aiman ?»* Paulian donne la réponse suivante: le fer et l'acier possèdent des pores droits et parallèles à leur axe et, par conséquent, ils sont susceptibles de recevoir dans leurs pores une certaine quantité de corpuscules magnétiques *«arrachés»* par frottement à l'aimant. Pour expliquer pourquoi une aiguille aimantée prend toujours la même orientation, Paulian remarque *«qu'elle est pénétrée de corpuscules qui ont cette direction»* et qui *«la font tourner vers les deux pôles de la Terre, à peu près comme je fais tourner les habits que je porte, lorsqu'il me prend fantaisie de me placer sur la ligne méridienne»*. De plus, dit-il, si deux aimants présentant l'un à l'autre des pôles différents s'attirent, c'est parce qu'ils *«sont entourés de deux atmosphères homogènes»* et il ajoute: *«Ces atmosphères ne sauraient se toucher sans se confondre, sans prendre la figure ronde, & sans chasser les deux Aimans, ou les deux corps aimantés, à leur centre commun»*. Si maintenant on approche les pôles similaires de deux aimants, ils se repoussent car, dit-il: *«Ainsi disposés, l'un est dans son état naturel, & l'autre n'y est pas ; il en est de même de leurs atmosphères ; elles deviennent hétérogènes, sinon quant à la matière qui les compose, du moins quant à leur direction»*. Paulian poursuit en répondant à plusieurs objections qui lui sont adressées, dit-il, *«presque chaque année dans les actes publiques»*. La première fait remarquer qu'il n'existe aucune preuve montrant que l'émission des corpuscules magnétiques se fait au niveau des pôles de la Terre. Paulian signale que *«dans toute hypothèse l'on a droit de faire une supposition ; & personne ne peut, suivant les lois de la Physique, refuser de l'admettre, qu'après avoir prouvé qu'elle est contraire aux lumières de la raison, ou à l'expérience, ou aux règles de la Mécaniques»*. Dans une autre objection, l'on oppose à la théorie de Paulian que, comme la Terre fait des pertes continuelles, l'émission de corpuscules magnétiques devrait s'arrêter au bout d'un moment. A cela, Paulian répond: *«Les corpuscules magnétiques éprouvant dans l'air une résistance considérable, perdent peu à peu l'espèce de mouvement de projection, que leur avoit communiqué la cause physique de leur émission, & abandonnés à leur gravité, ils tombent sur la surface de notre globe pour réparer les pertes qu'il peut avoir souffertes»*. L'on se demande aussi pourquoi *«la Terre ayant des pores dans presque tous les points de sa surface, comme l'expérience le démontre, l'émission des corpuscules magnétiques»* ne se fait pas à

d'autres endroits qu'aux pôles terrestres. Paulian fait remarquer que les pores droits sont ceux qui sont parallèles à l'axe de la Terre et que, parmi eux, seuls ceux se situant aux abords des pôles nord et sud de la Terre présentent des ouvertures par lesquelles l'émission de corpuscules magnétiques peut se faire. A ceux que pensent que de nombreux chocs atmosphériques devraient se produire entre les corpuscules magnétiques boréaux et méridionaux, Paulian répond: *«Les corpuscules magnétiques, après avoir perdu leur mouvement, tomberoient par leur gravité sur la surface de la Terre, & serviroient à réparer les pertes dont il est parlé dans la second objection»*. Il signale aussi qu'on lui fait souvent cette autre objection: tous les corps devraient se comporter comme des aimants puisqu'ils possèdent tous des pores susceptibles d'accueillir des corpuscules magnétiques. Paulian explique que bien que tous les corps peuvent admettre des corpuscules magnétiques, ils ne peuvent avoir la faculté d'aimantation que s'ils possèdent en leur sein des pores droits et parallèles à leur axe. Pour expliquer la déclinaison⁴⁸ que subit une aiguille aimantée qui fait l'objet d'une autre objection contre sa théorie, Paulian imagine des poches remplies d'un minéral qui se loge dans les profondeurs de la Terre: *«Des atmosphères des mines d'Aiman & de Fer, il vient des corpuscules magnétiques qui causent la déclinaison de l'aiguille aimantée. Ces corpuscules viennent-ils des régions Occidentales. L'aiguille décline vers l'Occident ; elle déclinera au contraire vers l'Orient, si ces corpuscules viennent de quelque mine située dans les Païs Orientaux»*. De plus, une découverte du physicien Le Monnier⁴⁹ paraît aller contre son système: un gros aimant agit par influence sur une aiguille d'acier pour l'aimanter dans un sens alors que, par contact, il l'aimante dans l'autre sens. Pour Paulian, cela s'explique parfaitement si l'on considère que, dans le premier cas, l'aiguille accueille les corpuscules magnétiques provenant de l'aimant et, dans le deuxième cas, l'*«aiguille s'aimante par le moyen des corpuscules qui viennent de l'atmosphère terrestre dans l'Aimant, pour réparer les pertes qu'il fait continuellement»*. Sur son système, Paulian conclut: *«Je ne prétens pas cependant par-là vous engager à l'adopter ; je crois même qu'il est plus sage de convenir, avec la plûpart des Physiciens, que l'Aiman est le tombeau de la Physique»*.

⁴⁸ L'aiguille aimantée n'est pas dirigée vers le pôle nord géométrique de la Terre mais subit une légère déviation que l'on appelle déclinaison.

⁴⁹ Ici, Paulian ne donne pas de référence.

Au terme de notre étude du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, nous relevons un sujet à approfondir. Ainsi, pour ce qui concerne l'optique, nous constatons un déséquilibre flagrant entre ce qui est dit dans le second tome de l'ouvrage quand Paulian commente longuement le *Traité d'optique* de Newton et ce qu'il en reste dans sa physique générale du troisième tome. Rappelons que, dans son *Dictionnaire de physique*, Paulian expliquait: «L'exposition que nous allons faire du système physique que nous avons embrassé, prouvera encore mieux combien il est facile de faire un tout des parties qui compose ce Dictionnaire...Les neuf propositions suivantes dont on trouvera quelques fois la preuve, & très souvent la démonstration dans le corps de l'Ouvrage, renferment en peu de mots notre système de Physique. C'est plutôt celui de Newton, que celui des Newtoniens»⁵⁰. Dans ses «neuf propositions», seules l'astronomie et l'optique sont représentées, ce qui fait alors supposer que Paulian adhère totalement aux théories de Newton dans ces deux domaines de la physique. Or, en examinant le *Traité de paix entre Descartes et Newton*, nous avons remarqué que Paulian critique très souvent les explications de Newton prises dans son *Traité d'optique* et, qu'en plus, il cherche absolument à obtenir un compromis «Newto-Cartésien» sur la propagation et la réfraction de la lumière... Ainsi, l'optique de Paulian présente des contradictions et il nous faut préciser davantage le sujet.

⁵⁰ A.-H Paulian, *Dictionnaire de physique*, «Préface contenant l'exposition du système physique que l'on a suivi dans cet Ouvrage», 1761, t. 1, p. v.

Deuxième partie :
L'OPTIQUE DE PAULIAN

Chapitre 5 : Comparaison entre le *Traité d'optique* de Newton et sa lecture par Paulian

Nous voulons comparer le contenu du *Traité d'optique* de Newton avec ce que dit Paulian de l'ouvrage dans le second tome du *Traité de Paix entre Descartes et Newton*. Pour faciliter les choses et la compréhension des phénomènes abordés, nous résumerons parfois, dans un premier temps, des parties de l'ouvrage de Newton avant de procéder aux comparaisons voulues.

1- *Premier livre du Traité d'optique*

-Première partie-

A cet endroit, Paulian relève que Newton démontre expérimentalement avec l'aide de prismes que la lumière est composée de plusieurs couleurs primitives au nombre de sept. Or, Newton ne postule jamais que la lumière blanche est constituée de sept couleurs mais il présente en tout seize expériences dans lesquelles les sept couleurs sont progressivement mentionnées... Dans la quatrième expérience, il n'observe ainsi que cinq couleurs: «*Regardant alors le Trou du Volet au travers du Prisme ainsi situé, j'observai que la longueur de son Image formée par les Rayons rompus, contenoit plusieurs fois sa largeur ; & que la partie de cette Image, qui étoit formée par les Rayons les plus rompus, paroissoit Violette ; que la partie formée par les Rayons les moins rompus, paroissoit Rouge ; & que les parties d'entre-deux paroissoient Bleuës, Vertes, & Jaunes, selon l'ordre dans lequel je viens de les nommer*»¹. Newton mentionne, pour la première fois, la couleur orange dans la dixième expérience et introduit la couleur indigo dans la onzième expérience. Il devient plus explicite quant au nombre précis des couleurs

¹ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 33-34.

composant le spectre de la lumière blanche quand il compare les couleurs avec les tons de la gamme musicale, ce que nous développerons dans notre partie consacrée au second livre de l'ouvrage. Dans la troisième proposition, Newton affirme qu'il est impossible de réaliser une lentille qui ne produit pas d'aberrations chromatiques et il le prouve de manière expérimentale ². Cette impossibilité est relevée par Paulian dans le second tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*. Or, le physicien Dollond avait réalisé une lentille achromatique en assemblant une lentille en verre flint et une lentille en verre crown. Cette découverte n'est pas passée inaperçue dans le monde scientifique ³ et

² Dans la huitième expérience, Newton explique: «J'ai trouvé de plus, que lorsque la Lumiere passe de l'air à travers differens Milieux contigus refringents, comme à travers l'eau & le Verre, & qu'elle repasse de là dans l'air, soit que les surfaces refringentes soient paralleles ou inclinées l'une à l'autre : j'ai trouvé, dis-je, que toutes les fois que cette Lumiere est redressée par des Refractions contraires, de telle manière qu'elle sorte en lignes paralleles à celles selon lesquelles elle étoit tombée ; elle reste ensuite toujours blanche : mais que si les Rayons émergents sont inclinés aux incidents, la blancheur de la Lumiere émergente devient par degrés colorée dans ses extremités, à mesure qu'elle s'éloigne du lieu de son émergence. C'est de quoi j'ai fait l'épreuve en rompant la Lumiere avec des Prismes de Verre enchassés dans un vase prismatique plein d'eau». I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, p. 145.

³ Trois mémoires de Clairaut sur ce sujet sont publiés dans les volumes de l'*Histoire de l'Académie royale des sciences* pour les années 1756, 1757 et 1761. Dans le premier mémoire intitulé «Sur les moyens de perfectionner les lunettes d'approche», Clairaut revient sur les différents travaux sur l'achromatisme des lentilles depuis ceux entrepris par Newton: «Ces deux inconvénients [aberrations de réfrangibilité et géométrique], qui tiennent à la nature de la lumière et aux loix de la réfraction, avoient paru si considérables à M. Newton, que regardant comme impossible de les vaincre, il avoit pris le parti de se tourner d'un autre côté & d'imaginer les télescopes ou lunettes de réflexion dans lesquels l'objectif est un miroir ; il évitoit par ce moyen l'aberration des rayons colorés, que la réflexion ne sépare pas comme le fait la réfraction». (A. Clairaut, *M.A.R.S de 1756, 1762*, pp. 116-119, pour cette citation et les suivantes.) Clairaut explique encore qu'en 1747, Euler imagine un système optique constitué de lentilles de matières différentes (eau et verre) capable de compenser les différentes réfrangibilités de la lumière et, par conséquent, d'éliminer l'aberration chromatique. Ces travaux d'Euler sont alors repris, en Angleterre, par l'opticien Dollond qui refait les expériences de Newton afin de montrer de manière expérimentale qu'Euler se trompe. Or, Dollond s'aperçoit que ses résultats expérimentaux sont différents de ceux donnés par Newton dans la huitième expérience: «Cette expérience fut répétée par M. Dollond de la même manière que M. Newton l'avoit décrite: il fit construire avec deux plaques de glace une espèce de porte-feuille qui, étant rempli d'eau, pouvoit en serrant ou écartant les glaces, devenir un prisme d'eau capable de toutes sortes d'angles ; il plongea dans l'eau de ce prisme, dont l'angle étoit tourné en bas, un autre prisme de crystal dont l'angle étoit tourné en haut, & il chercha, en faisant mouvoir les plaques de glace, une inclinaison

Paulian garde sous silence cette «erreur de Newton» qui porte préjudice à la cohérence de sa théorie. Cependant, Paulian relate cette découverte quelques années plus tard dans un article «Lunette achromatique» ajouté à ses dictionnaires, d'abord en 1768, dans la nouvelle édition du *Dictionnaire de physique portatif* puis dans la deuxième édition du *Dictionnaire de physique* en 1773. Dans l'article, Paulian revient sur ce qui pose problème: «Newton nous assure dans l'expérience 8^e. de la proposition troisième de la partie seconde du livre premier de son optique, que toutes les fois que les rayons de la lumière traversent deux milieux de densité différente, de manière que la réfraction de l'un détruit celle de l'autre, & que par conséquent les rayons émergents soient parallèles aux incidents, la lumière sort toujours blanche. Le mot toujours est ici de trop, je le sais. Mais qu'importe, l'expérience particulière dont parle Newton, est incontestable, & elle prouve que la lumière peut se réfracter, & non pas se décomposer en différentes couleurs. Il nous assure lui-même qu'il eut du blanc, en faisant passer la lumière à travers des prismes de verre qu'il plongea dans un vase de figure prismatique rempli d'eau»⁴. Toujours dans l'article, Paulian apporte des précisions sur l'expérience décisive réalisée par Dollon: «[Il] a joint ensemble trois prismes. Celui du milieu est du cristal d'Angleterre, & a son angle tourné en haut. Les deux extrêmes sont d'un verre verdâtre que les Anglois nomment crown-glass, & ils ont leur angle tourné en bas. Ces prismes, pris séparément, ou même deux à deux, donnent les 7 couleurs ; joints ensemble, ils donnent le blanc, quoiqu'ils reçoivent la lumière obliquement, & qu'ils forment un prisme tronqué ; donc la lumière peut se réfracter, & ne pas cependant se décomposer en différentes couleurs». Il examine la «machine» de Dollond qui «peut servir à la construction des objectifs des lunettes achromatiques» et conclut son article: «Toutes ces observations me portent à croire que l'on peut faire un objectif achromatique, c'est-à-dire, un objectif qui donne des images

telle que les objets vus à travers les deux prismes d'eau & de glace, parussent exactement à la même hauteur où on les voyait à la vue simple ; il étoit alors bien certain que la réfraction absolue d'un prisme étoit anéantie par celle de l'autre, mais les objets étoient teints des couleurs de l'iris, ce qui est absolument contraire à l'expérience de Newton». Toujours avec ce montage expérimental, Dollon montre que l'aberration chromatique peut tout de même disparaître et Clairaut ajoute alors: «On peut donc, en employant des milieux diaphanes de densité différente, corriger l'aberration des rayons, & ces rayons dépouillés de leurs couleurs seront cependant encore rompus, mais différemment de ce qu'ils l'auroient été par un seul milieu».

⁴ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 2^{ème} éd., 1773, t. 3, pp. 17-19, pour cette citation et les suivantes.

sans iris, en mettant un verre concavo-concave de cristal d'Angleterre entre deux lentilles de verre verdâtre...Voilà tout ce qu'on peut dire sur cette matière dans un Dictionnaire de physique. Le lecteur trouvera ce problème parfaitement résolu dans les savantes additions que le P. Pezenas a faites à l'Optique de Smith⁵ dont il a donné la traduction en 2 volumes in-quarto». Enfin, sur la première partie du premier livre du *Traité d'optique*, Paulian explique dans le deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton* que le télescope inventé par Newton a été amélioré par Grégory⁶. Or, Paulian se trompe puisque Grégory ne conçoit son télescope que de manière théorique avant que Newton ne construise le sien. La construction du télescope selon les plans de Grégory reviendra à Robert Hooke qui le fera quelques années après Newton.

-Seconde partie-

Dans le second tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian explique que pour mesurer les angles sous lesquels l'observateur voit les différentes couleurs de l'arc-en-ciel, Newton utilise une boule en verre dont il fait varier la hauteur (en la tenant très certainement à bout de bras⁷). En vérifiant la neuvième proposition dans le *Traité d'optique*, nous remarquons que Newton ne procède pas vraiment comme l'explique Paulian. Ainsi, le savant mentionne l'expérience réalisée par Dominis et Descartes et annonce: «J'ai éprouvé la même chose sans faire changer de place à la Boule, en haussant ou baissant l'œil, ou en le mouvant autrement pour donner à l'Angle

⁵ La première édition anglaise de l'ouvrage de Smith date de 1738 et la traduction dont fait mention Paulian est publiée en 1767 (*Cours complet d'optique, traduit de l'anglois de Robert Smith, contenant la théorie, la pratique & les usages de cette science, avec des additions considérables sur toutes les nouvelles découvertes qu'on a faites en cette matière depuis la publication de l'ouvrage Anglois*).

⁶ Le télescope de Newton est l'assemblage d'un miroir parabolique et d'un miroir plan donnant une image renversée contrairement à celui de Grégory qui donne une image droite et qui est, lui, un assemblage d'un miroir parabolique et d'un miroir hyperbolique percé en son centre.

⁷ Nous pouvons douter de la faisabilité de cette expérience puisque la distance entre l'observateur et la boule de verre est trop courte pour distinguer nettement les différentes couleurs... L'expérience décrite par Newton donne différents angles que seul le calcul peut déterminer avec autant de précisions (par exemple, variation des angles de 40°17' à 42°2').

une grandeur convenable»⁸. De cette façon, la distance d'observation est bien plus grande et la distinction des couleurs est facilitée bien que des mesures d'angles précis ne peuvent provenir que de calculs. Remarquons encore que Paulian attribue souvent les explications sur l'arc-en-ciel à Newton alors que Descartes en est le premier auteur. Par exemple, c'est à Descartes que nous devons la représentation exacte du trajet de la lumière dans les gouttes formant les arcs-en-ciel extérieur et intérieur. Dans la dixième proposition, Newton explique pourquoi les corps naturels ont des couleurs permanentes: *«Ces couleurs proviennent de ce que parmi les Corps Naturels les uns réfléchissent certaines espèces de Rayons, les autres certaines autres especes, en plus grande abondance qu'ils en réfléchissent aucune autre»*. De plus, il donne des précisions sur les couleurs des liqueurs vues par transparence et décrit une dix-septième expérience: *«A l'égard des liqueurs colorées & transparentes, il est à remarquer que leur Couleur varie en même temps que leur épaisseur. Ainsi, par exemple, une Liqueur rouge dans un Verre de figure conique, qu'on tient entre la Lumière & l'œil, paroît dans le fond où elle a peu d'épaisseur, d'un Jaune pale & déteint ; un peu plus haut où la liqueur est plus épaisse, elle prend une couleur d'Orangé ; dans l'endroit où elle est encore plus épaisse, elle devient Rouge, & où elle est la plus épaisse, ce Rouge devient le plus foncé & le plus obscur. Car il faut compter qu'une telle Liqueur arrête fort aisément les Rayons qui produisent l'Indigo & le Violet ; plus difficilement ceux qui sont Vert & encore plus difficilement ceux qui font le Rouge ; & que si l'épaisseur de la Liqueur est seulement au point qu'il faut pour pouvoir arrêter un nombre suffisant des Rayons producteurs de Violet & de l'Indigo, sans diminuer beaucoup le nombre des autres Rayons, le reste doit composer un Jaune pale»*. Newton suggère alors: *«Puis donc que les Corps deviennent colorés en réfléchissant, ou en laissant passer telle ou telle espece de Rayons en plus grande abondance que le reste, il faut imaginer qu'ils arrêtent & éteignent les Rayons qu'ils réfléchissent point, ni qu'ils ne laissent point passer»*. Il explique que la lumière traversant une feuille d'or est «bleu verdâtre» car, dit-il: *«L'Or en masse laisse entrer dans son Corps les Rayons producteurs du Bleu, pour y être réfléchis çà et là, jusqu'à ce qu'ils soient interceptés & éteints, tandis qu'il réfléchit en dehors les Rayons Jaunes, ce qui le fait paroître Jaune»*. De plus, il ajoute qu'un corps transparent peut aussi paraître

⁸ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 202-211, pour cette citation et les suivantes.

de la même couleur par transmission que par réflexion «*si la Lumiere de cette Couleur est réfléchie par la derniere surface du Corps, ou par l’Air qui est au-delà*». Concernant la couleur obtenue par réflexion, il précise: «*[Elle] diminuera, & peut-être s’évanoüira tout-à-fait, si vous augmentez considérablement l’épaisseur du Corps, & que vous l’enduisiez de poix par derriere pour diminuer la réfléxion de sa derniere surface, ensorte que la Lumière réfléchie par les particules colorées du corps même puisse prendre le dessus. Dans ces cas-là il se trouvera fort souvent que la Couleur de la Lumiere réfléchie differera de la Couleur de la Lumiere transmise*». Enfin, Newton se demande comment «*les Liqueurs, & les Corps teints de quelque Couleur, réfléchissent certaines especes de Rayons, & en admettent, ou laissent passer d’autres ?*» Cependant, il ne répond pas à cette question et promet de le faire dans le deuxième livre de son ouvrage.

Nous voyons ici que Newton lie la couleur et l’épaisseur des corps. Or, bien que Paulian relate bien l’expérience avec la feuille d’or il en donne une explication très différente puisqu’il «fait dire» à Newton que la feuille d’or est composée de parties solides qui réfléchissent majoritairement les rayons jaunes, de pores droits qui laissent passer les rayons verts et de pores obliques qui absorbent les cinq autres rayons. Cette représentation de la matière diaphane faite de divers pores⁹ est reprise quand Paulian parle des verres colorés.

⁹ Ces pores de différentes espèces n’apparaissent nulle part dans l’ouvrage de Newton.

2- Deuxième livre du *Traité d'optique*

-Première partie-

Quand Paulian aborde le second livre du *Traité d'optique* où Newton présente de manière détaillée l'expérience des anneaux colorés, il n'explique pas pourquoi Newton élève au carré les diamètres des anneaux colorés obtenus à l'aide de son dispositif¹⁰ et il se contente de remarquer que ces calculs aboutissent à des progressions constantes pour les anneaux colorés et les anneaux sombres. En fait, Newton explique sa démarche dans la cinquième observation: «*Pour déterminer l'intervalle des Verres ou l'épaisseur de l'Air qui étoit entre deux par où chaque Couleur étoit produite, je mesurai le diamètre des six premiers Anneaux dans la partie la plus lucide de leur Orbite ; & les quarrant je trouvai...Et comme un des Verres étoit plan, & l'autre sphérique, leurs intervalles dans les endroits où paroissoient ces Anneaux, doivent être dans la même progression*»¹¹. Ainsi, il est plus commode de mesurer la taille des anneaux colorés que l'épaisseur de la lame. Un court développement mathématique¹² donne l'égalité suivante entre ces deux grandeurs: $e = (r^2 + e^2)/(2R)$, e étant l'épaisseur de la lame à l'endroit où un anneau se forme, r étant le rayon de cet anneau et R , le rayon de la lentille. L'épaisseur de la lame

¹⁰ Boyle est le premier auteur à mentionner le phénomène de coloration des lames minces mais c'est Hooke qui en effectue une étude expérimentale et à qui l'on doit l'expérience des anneaux colorés: «*En regardant au microscope des lamelles minces de talc de Moscovie, il distingua des anneaux colorés entourant une tache centrale blanche, et remarqua que l'ordre des couleurs étoit le même que dans le premier arc-en-ciel. Il reconnut aussi que, si l'on pressait la lame avec le doigt, les couleurs changeaient de place. Il parvint même à obtenir des lames d'une épaisseur assez uniforme pour ne présenter qu'une seule couleur, et vit les colorations disparaître lorsque l'épaisseur de la lame étoit trop grande, et aussi lorsque cette épaisseur devenait excessivement petite. Ayant pressé l'un contre l'autre deux objectifs de lunette, il aperçut des anneaux colorés autour du point de contact*». E. Verdet, *Leçons d'optique physique*, t. 1, 1869, p. 125.

¹¹ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 226-227.

¹² En plaçant l'origine des axes au point de contact des deux lentilles, l'axe des ordonnées sur le rayon de la lentille biconvexe et l'axe des abscisses sur le plan de la lentille plan-convexe, l'équation du cercle formant la surface de la lentille biconvexe en contact avec le plan de l'autre lentille est: $x^2 + y^2 - 2Ry = 0$. Si l'on prend un point quelconque de cette surface, y représente l'épaisseur de la lame mince et x le rayon de l'anneau correspondant à cette épaisseur. Nous obtenons donc la relation suivante entre l'épaisseur e de la lame d'air et le rayon r de l'anneau coloré: $r^2 + e^2 - 2Re = 0$ d'où $e = (r^2 + e^2)/(2R)$.

étant négligeable devant le rayon de l'anneau, nous obtenons pour finir l'expression: $e = (4D^2)/(2R) = 2D^2/R$, ce qui montre bien que l'épaisseur de la lame en un point quelconque est proportionnelle au carré du diamètre de l'anneau qui passe par ce point. Paulian relève encore que Newton prétendait avoir déterminé une véritable analogie entre les couleurs et les tons de la musique ¹³. Cette analogie est effectivement mentionnée dans la quatorzième observation: «*Je crois, dis-je, que les différentes épaisseurs de l'Air dans tous ces endroits-là sont l'une à l'autre, & fort peu de choses près, comme les six longueurs d'une Corde de Musique, qui dans une Sixte Majeure produisent les Notes suivantes, sol, la , mi, fa, sol, la*» ¹⁴. Ajoutons encore, que l'analogie est développée davantage dans la deuxième partie du premier livre où Newton donne deux figures équivoques représentant le spectre coloré et le cercle chromatique, tous deux découpés en sept parties représentant sept couleurs ¹⁵... Dans le second tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian signale que l'idée d'associer les couleurs et les tons de musique avait été reprise par le Père Castel qui avait alors tenté de réaliser un clavecin oculaire. Or, ici Paulian ne précise pas que l'instrument ne fonctionne pas comme il l'évoque pourtant dans son *Dictionnaire de Physique*: «*Le Clevecin oculaire est regardé avec raison comme le chef-d'œuvre du P. Castel. Ce génie inventeur ne prétendoit rien moins, que de causer aux spectateurs par le moyen des couleurs combinées, le même plaisir que leur cause la combinaison des sens dans le Clavecin acoustique. Il n'étoit pas assez riche, pour réaliser un si beau système. Bien des témoins oculaires m'ont assuré que l'exécution n'avoit pas répondu à la Théorie*» ¹⁶. Ainsi, nous pouvons penser que Paulian

¹³ Sur l'analogie entre les couleurs et la musique, lire : Dorothée Devaux et Bernard Maitte, «Newton, les couleurs et la musique», *Alliage*, n°59 - Décembre 2006, pp. 126-138. Il en ressort que l'analogie entre les couleurs et la musique ne donne pas de résultats satisfaisants d'un point de vue scientifique. Newton le savait bien mais il n'en dit rien pour laisser croire que le choix des sept couleurs primitives n'est pas arbitraire. De plus, Newton se situe dans une tradition qui prône la perfection du monde et où le chiffre sept revêt un statut particulier. Cependant, nous ne détaillerons pas davantage ce sujet pour lequel Newton fait preuve d'un certain mysticisme comme l'explique Bernard Maitte: «*Comme l'avait fait Kepler avant lui, [il] éprouve dans sa grande réorganisation de la physique le besoin de s'assurer et de se réassurer de manière mystique en invoquant l'ordre du monde. Sa quantification des couleurs marque la cohérence de sa découverte avec la totalité de l'œuvre de Dieu*». B. Maitte, *Histoire de l'arc-en-ciel*, 2005, p. 187.

¹⁴ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, p. 241.

¹⁵ Lire sur le sujet : B. Maitte, *Histoire de l'arc-en-ciel*, 2005, pp. 183-184.

¹⁶ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de Physique*, 1761, t. 1, p. 317.

veut, en reprenant la tentative de Castel, apporter un argument supplémentaire en faveur des sept couleurs de la lumière.

-Troisième partie-

A cet endroit de l'ouvrage, Newton annonce qu'il veut «*examiner quel rapport il y a entre les Phenomenes des Plaques minces transparentes, & ceux de tous les autres Corps Naturels*»¹⁷. Il rappelle que si les corps paraissent d'une couleur plutôt qu'une autre, c'est qu'ils sont «*disposés à réfléchir en plus grande abondance les Rayons*» d'une couleur. Dans les propositions qui suivent, Newton examine la constitution des corps qui, selon lui, permet de comprendre pourquoi ceux-ci réfléchissent telles ou telles sortes de rayons de lumière. Il explique que «*les plus petites parties de presque que tous les Corps Naturels, sont en quelque sorte transparentes: & l'Opacité des Corps vient de la multitude des Reflexions qui se font dans leurs parties intérieures*». Sur la constitution des corps réfléchissants (opaques ou colorés), Newton peut ajouter: «*Entre les Corpuscules dont une Liqueur est imprégnée & teinte, il y a de l'Eau ; entre les Globules aqueux qui composent les Nuées & les Broüillards, il y a de l'Air ; & entre les parties des Corps durs, il y a des Espaces qui la plûpart sont vuides d'Air & d'Eau, mais qui pourtant ne sont peut-être pas entierement vuides de toute autre Substance*». Il précise que les corps opaques et colorés ne doivent pas avoir leurs parties trop petites reprenant alors les observations des anneaux colorés de la première partie du deuxième livre: «*Il n'y avoit point de Reflexion dans l'endroit où les Surfaces des Verres Objectifs étoient fort proches l'une de l'autre, sans pourtant se toucher...La Reflexion de la Bulle d'eau étoit presque insensible dans sa partie la plus mince: de sorte que faute de Lumière réfléchie, il paroissoit au haut de la Bulle des Taches très-noires*». Il énonce alors sa cinquième proposition: «*Les parties transparentes des Corps, selon leurs différentes grosseurs, réfléchissent des Rayons d'une certaine Couleur, & laissent passer ceux d'une autre Couleur, sur les mêmes fondements que les Plaques minces, ou les Bulles reflechissent ou laissent passer ces Rayons*». Il poursuit en donnant quelques exemples puisés dans les observations de la première partie du deuxième livre: la feuille d'or ou encore certains

¹⁷I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), pp. 283-333, pour cette citation et les suivantes.

types de verres peints qui paraissent d'une couleur différente lorsqu'ils sont regardés de différents endroits. Pour montrer que les couleurs des corps dépendent bien des grosseurs de leurs parties, Newton reprend l'observation suivante: *«Parmi les poudres colorées dont se servent les Peintres, il y en a quelques-unes dont la Couleur peut changer un peu, si elles sont extrêmement bien broyées»*. Ainsi, il pense: *«En ce cas-là, je ne vois pas à quoi on peut raisonnablement attribuer la cause de ces changements qu'à la division de ces Poudres en plus petites parties, causée par ce broyement ; tout de même que l'épaisseur d'une Plaque mince venant à changer, sa couleur change aussi»*. De plus, il ajoute: *«Par le mélange de différentes liqueurs on peut faire des productions & des changements de Couleurs fort étranges & fort remarquables, dont la cause la plus raisonnable, & qui se présente le plus naturellement à l'Esprit, c'est que les Corpuscules salins d'une Liqueur agissent diversement sur les Corpuscules colorés d'une autre Liqueur, ou s'unissent différemment avec eux, de sorte qu'ils grossissent ou diminuent ces Corpuscules colorés (ce qui peut non seulement en alterer la grosseur, mais encore la densité) ou bien les divisent en de plus petits Corpuscules (ce qui d'une Liqueur colorée en peut faire une transparente) ou réunissent plusieurs de ces Corpuscules en une seule Masse, par où deux Liqueurs transparentes peuvent en composer une seule colorée»*. Avec sa sixième proposition Newton explique que *«les parties des Corps d'où dépendent leurs Couleurs, sont plus denses que le Milieu qui passe à travers leurs Interstices»*. Cette proposition lui semble confirmée par le fait suivant: *«Les couleurs que fait paroître un Corps mince plus dense, renfermé dans un plus rare, sont plus éclatantes que celles que fait paroître un Corps plus rare, renfermé dans un plus dense»*. Newton pense qu'en partant de la couleur prise par un corps, il est possible de connaître la grosseur des corpuscules qui le constituent (septième proposition). Il remarque aussi qu'il n'est pas si facile de déterminer l'ordre d'une couleur: *«Il peut y avoir de bons Verts du Quatrième Ordre ; mais les plus nets sont du Troisième, auquel il semble qu'on doit rapporter le Vert de toutes les Plantes, en partie à cause de la vivacité de leurs Couleurs, & en partie parce que lorsque les Plantes se flétrissent, quelques-unes prennent un Jaune verdâtre, & que d'autres prennent un Jaune ou un Orange plus parfait, ou même Rouge, ayant passé premièrement par toutes les Couleurs intermediates nommées ci-dessus»*. Newton énonce ensuite sa huitième proposition: *«La cause de la reflexion n'est pas l'incidence de la Lumiere sur les parties solides ou impenetrables des Corps, comme on l'a toujours cru jusqu'ici»*. Il

donne une multitude de considérations permettant de penser que la réflexion de la lumière n'a rien à voir avec des chocs ¹⁸ sur les parties dures des corps. Ainsi dans une première considération, il explique: *«Dans le passage de la Lumiere du verre dans l'Air, il se fait une Reflexion aussi forte que dans son passage de l'Air dans le verre, ou plutôt un peu plus forte, & de beaucoup plus forte encore que lorsqu'elle passe de Verre dans l'Eau. Or il ne paroît pas probable que l'Air ait des parties plus fortement reflechissantes que ne sont celles de l'Eau ou de Verre. Mais quand même on pourroit le supposer, l'on avanceroit rien par-là ; car la Reflexion est aussi forte, ou même plus forte lorsque l'Air a été tiré d'un Recipient de verre»*. Après avoir exposé une dernière considération allant contre l'explication classique de la réflexion de la lumière – le verre grossièrement poli réfléchit tout autant la lumière que s'il est poli très finement – Newton peut ajouter: *«Et à peine est-il possible de résoudre autrement ce Problème qu'en disant que la Reflexion d'un Rayon est produite, non par un point particulier du Corps réfléchissant, mais par quelque puissance du Corps, qui est également répandue sur toute sa Surface, & par laquelle le Corps agit sur le Rayon sans le toucher immédiatement. Car que les parties du Corps agissent sur la Lumiere en éloignement, c'est ce qui paroîtra dans la suite»*. De plus, Newton pense que les corps paraissent noirs si des rayons sont «interceptés, éteints & perdus au-dedans de ces Corps» et il ajoute: *«Il semble qu'il est contre la vraisemblance qu'aucun Rayon puisse être intercepté & éteint dans un Corps, sans donner actuellement sur les parties de ce Corps»*. Enfin, pour finir le commentaire de sa huitième proposition, il explique que tout porte à croire que les corps sont excessivement poreux. Avec la neuvième proposition, Newton annonce que *«les corps reflechissent & rompent la Lumiere par une seule & même puissance, diversement mise en œuvre en différentes circonstances»*. Pour affirmer cela, il s'appuie sur plusieurs observations: *«Lorsque la Lumière passe du Verre dans l'Air aussi obliquement qu'elle peut le faire, si elle tombe ensuite un peu plus obliquement, elle vient à être totalement reflechie . Car après que la puissance de Verre a rompu la Lumière à la plus grande obliquité possible, si l'incidence est renduë plus oblique, cette puissance devient trop forte pour laisser passer aucun Rayon, & cause par conséquent des Reflexions totales»*. Une autre observation décrite précédemment renforce l'idée d'une «puissance» capable d'agir sur

¹⁸ Coste, le traducteur de l'ouvrage, précise: *«M. le Chevalier de Newton veut dire que la Reflexion se fait sans que la Lumiere aille frapper contre les parties solides des corps, & en rebondisse»*. Ibid., p. 307.

les rayons lumineux: *«La Lumière est alternativement réfléchi & transmise par des Plaques minces de Verre, pendant plusieurs successions, à mesure que l'épaisseur de la Plaque augmente en progression arithmétique...C'est l'épaisseur du Verre qui détermine si la puissance par laquelle le Verre agit sur la Lumière, doit la faire réfléchir, ou la laisser passer»*. De plus, une dernière observation lui montre que *«les Surfaces des corps transparents qui ont la plus grande puissance réfringente, réfléchissent aussi la plus grande quantité de Lumière»*. Enfin, revenant sur les propositions précédentes qui regardent plus particulièrement la nature des corps et la cause de la réflexion et de la réfraction de la lumière, Newton remarque: *«Il faut comprendre la nature de ces deux choses avant que de pouvoir connaître la raison de leurs actions réciproques»*. Avec sa douzième proposition, Newton explique: *«Tout Rayon de Lumière acquiesce, en passant à travers une Surface réfringente quelconque, une certaine constitution ou disposition transitoire qui dans le progrès du Rayon revient à intervalles égaux, & fait que le Rayon, à chaque retour de cette disposition, est transmis aisément à travers la Surface réfringente qui vient immédiatement après ; & qu'à chaque intermission de cet état, il est aisément réfléchi par cette même Surface»*. Newton ne souhaite pas ici se positionner sur le mécanisme sous-jacent qui *«consiste en un mouvement de circulation ou de vibration dans le Rayon, ou dans le Milieu, ou en quelque autre chose»* mais il ajoute tout de même: *«Ceux qui n'aiment point admettre aucune découverte, à moins qu'ils ne puissent l'expliquer par une hypothèse, peuvent supposer pour le présent, que comme les Pierres jetées dans l'Eau, y excitent des ondulations, & que la percussion des Corps cause des vibrations dans l'Air, de même les Rayons de Lumière venant à tomber sur une surface quelconque réfringente ou réfléchissante, produisent des vibrations dans le Milieu ou dans le Corps réfringent ou réfléchissant ; & qu'en produisant ces vibrations, ils agitent les parties solides du Corps réfringent ou réfléchissant ; qu'en les agitant, ils échauffent ce Corps ; que les vibrations ainsi excitées sont communiquées au Milieu réfringent ou réfléchissant, à peu près de même manière que les vibrations sont communiquées à l'Air pour produire le Son ; qu'elles ont un mouvement plus rapide que celui des Rayons, de sorte qu'elles les atteignent ; que lorsqu'un Rayon se rencontre dans cette partie de la vibration qui concourt avec son propre mouvement, ce Rayon passe aisément au travers d'une Surface réfringente ; mais que lorsqu'il se rencontre dans la partie opposée de la vibration qui fait obstacle à son mouvement, il est aisément réfléchi ; & qu'ainsi chaque*

Rayon est successivement disposé à être aisément réfléchi, ou aisément transmis par chaque vibration qui l'atteint». Il ajoute encore: «Je n'examine point en cet endroit, si cette hypothèse est vraie ou fausse. Je me contente d'avoir trouvé, que par certaine cause, quelle qu'elle soit, les Rayons de Lumière sont disposés à être réfléchis ou rompus, durant plusieurs vicissitudes¹⁹». Une fois cela dit, Newton peut énoncer plusieurs définitions: «Les retours de la disposition d'un Rayon quelconque à être réfléchi, c'est ce que j'appellerai ses Accès de facile Reflexion, comme j'appellerai les retours de sa disposition à être transmis, ses Accès de facile Transmission ; & l'Espace qui se trouve entre chaque retour, & le retour suivant, je le nommerai l'Intervalle de ses Accès». Il énonce la treizième proposition qui concerne la nature même de la lumière: «[Elle] a ses accès de facile Reflexion, & de facile Transmission, avant que de tomber sur les Corps transparents. Et il y a apparence que ces sortes d'accès lui viennent dès qu'elle commence à émaner des Corps lumineux, & qu'elle les retient durant tout son progrès». Il fait remarquer que les rayons ne sont réfléchis par les lames minces qu'à la condition que ces dernières soient d'une épaisseur suffisante car «si les Rayons, qui à leur entrée dans le Corps se trouvent dans des accès de facile Transmission, parviennent à la dernière Surface du Corps avant que l'impression de ces accès soit terminée, il faut nécessairement qu'ils soient transmis».

En rendant compte de cette partie dans le deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian n'explique pas qu'il s'agit ici pour Newton d'interpréter l'expérience des anneaux colorés décrite dans les différentes observations de la première partie du second livre. Il se contente de dire que Newton «revient encore sur la couleur des objets»²⁰. Concernant les corps transparents et opaques, rappelons ce que dit Paulian: «Les corps transparens sont composés de couches homogènes; sont percés de pores droits, nombreux & disposés en tout sens...Il n'y a dans l'intérieur de ces corps aucun intervalle qui sépare les couches les unes d'avec les autres, ou bien...ces intervalles sont

¹⁹ Newton n'est pas affirmatif quand il fait intervenir les accès pour expliquer l'expérience des anneaux colorés mais il avance dans sa réflexion sur le sujet en prenant toujours soin de ne pas s'engager totalement dans ce qu'il dit... Pour comprendre cela, il faut en venir aux conséquences de la théorie des accès qui, nous le verrons plus loin, posent problème. Lire à ce sujet: B. Maitte, *La lumière*, 1981, pp. 138-141.

²⁰ A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 2, p. 56.

remplis d'un fluide aussi dense que les couches elles mêmes...Les couches qui composent les corps opaques sont très-hétérogènes, &...les intervalles qui séparent ces couches sont ou vuides, ou remplis d'un fluide plus ou moins dense qu'elles»²¹. Bien que Newton considère les corps transparents comme excessivement poreux, il ne fait à aucun moment mention des explications relatées ci-dessus. L'article «Diaphane» de son *Dictionnaire de physique* montre comment Paulian en vient à proposer une structure de la matière qu'il attribue faussement à Newton... L'article débute ainsi: «On nomme communément corps diaphanes ou transparens ceux dont les pores droits, nombreux & disposés en tout sens donnent un passage libre à la lumière ; on nomme au contraire corps opaques ceux qui ne la transmettent pas. Si, en parlant de la sorte, l'on ne prétend désigner que le fait ; je ne vois pas ce qu'il peut y avoir à reprendre dans ces expressions. Mais si l'on prétend donner par-là la cause de la transparence & de l'Opacité des corps, l'on a tort de vouloir décider en deux mots deux questions aussi embrouillées. Avant que d'établir les Principes de Newton sur cette matière, je rapporterai ce que dit Mr. Pluche dans le huitième entretien du Tome IV de son *Spectacle de la nature* ; l'on verra qu'il n'est pas toujours aussi Anti-Newtonien, qu'il le paroît dans son *Histoire du ciel*»²². Puis, Paulian développe longuement dans son article les idées de Pluche sur les causes physiques de la transparence et de l'opacité des corps: «Si un corps n'est composé, comme l'eau ou le diamant, que de parties toujours uniformes, la portion de la lumière qui y sera admise, roulera uniformément dans l'épaisseur de ce corps. Mêmes parties par tout : même arrangement des pores. Ce pli sera le même jusqu'à l'autre extrémité, d'où la lumière pourra sortir en assez grande quantité dans un même sens pour faire impression...L'opacité vient donc d'abord du désordre des réflexions & des détours de la lumière, occasionnés par la trop grande diversité des pores...L'opacité vient ensuite de la diversité des plis de la lumière, causée par la multiplicité des lames élémentaires qui composent les corps. Toutes ses lames prises séparément sont transparentes: mais mêlées, elles courbent si différemment la lumière, qu'elles en éteignent la direction & le sentiment». Voilà qui semble montrer que Paulian s'inspire plus de l'auteur du *Spectacle de la nature* que de Newton... Or, il poursuit l'article en expliquant que Pluche ne fait que reprendre certaines des propositions de Newton contenues dans la troisième

²¹ *Ibid.*, pp. 65-66.

²² A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 1, pp. 522-527, pour cette citation et les suivantes.

partie du second livre du *Traité d'optique*. Il le prouve en donnant quelques extraits de ces propositions et conclut son article: *«En voilà assez pour prouver que Mr. Pluche a tiré de l'Optique de Newton son système sur la transparence & l'opacité des corps. Corollaire. Un corps diaphane est donc un corps composé de couches homogènes ; percé de pores droits, nombreux, disposés en tout sens ; & qui, outre la lumière, contient dans ses pores & dans les intervalles qui séparent ses couches, un fluide à peu-près aussi dense que lui»*. Ainsi, Paulian trompe doublement son lecteur en ne précisant pas qu'il reprend les conceptions de Pluche sur la structure de la matière et en attribuant faussement celles-ci à Newton. Sur la réflexion de la lumière, rappelons que Paulian dit ne pas croire, comme Newton, que la lumière pénétrant un corps est, soit absorbée, soit transmise. Or, une nouvelle fois, Paulian arrange les choses puisque Newton ne fait pas mention de cela dans ses propositions sur la réflexion de la lumière que nous avons résumées. En fait, Paulian ne croit pas du tout que la réflexion de la lumière est due à une action à distance et il transforme alors certains propos de Newton pour mieux les décrédibiliser ensuite. Quand Paulian dit que *«l'on ne peut pas soutenir que tout rayon de lumière qui touche un corps solide»* soit absorbé ou transmis, il reprend alors la théorie des accès qu'il n'a pas expliquée dans son ensemble. Il peut ensuite dire: *«Je vous le répète, mon cher Chevalier, je ne mets aucune différence entre pareilles explications, & celles que nous donnoient autrefois les défenseurs des qualités occultes. Il faut avouer que les Grands-Hommes sont d'un moment à l'autre bien différents d'eux-mêmes»*.

-Quatrième partie-

Ici, Newton examine certains miroirs faits de plaques polies, épaisses et transparentes qui, tout comme pour les lames d'air situées entre deux verres objectifs vues dans les deux parties précédentes, produisent par réflexion de la lumière des anneaux colorés. Dans une première observation, il décrit le procédé expérimental mis en œuvre: *«Un Trait de Lumière Solaire entrant dans ma Chambre obscure au travers d'un Trou d'un tiers de pouce de largeur, je le fis tomber perpendiculairement sur un Miroir de Verre concave d'un côté, & convexe de l'autre, travaillé sur un Sphère de cinq pieds & onze pouces de rayon, & enduit de vif-argent du côté convexe. Et tenant un Carton blanc*

opaque, ou une Main de papier au centre des Spheres sur lesquelles ce Miroir avoit été travaillé, c'est-à-dire, à environ cinq pieds & onze pouces de distance du Miroir ; de telle sorte que le Trait de Lumiere pût passer au Miroir à travers un petit Trou fait dans le milieu du Carton, & de là être reflechi vers le même Trou ; j'observai sur le Carton quatre ou cinq Iris, ou Anneaux colorés concentriques, pareils à des Arcs-en-Ciel»²³. Newton mesure précisément les dimensions des anneaux obtenus et obtient des proportions similaires à celles obtenues pour les «Anneaux tracés par la Lumière qui passe à travers deux Verres Objectifs»: «Les Diamètres des quatre premiers Anneaux brillants, mesurés entre les parties les plus éclatantes de leurs Orbites, & six pieds de distance du Miroir, & estimés en pouces, étoient $1 \frac{21}{16}$, $2 \frac{3}{8}$, $2 \frac{11}{12}$, $3 \frac{3}{8}$, dont les Quarrés sont selon la progression arithmétique des Nombres 1, 2, 3, 4. Si la Tache Blanche circulaire, qui est mise au milieu, est mise au nombre des Anneaux, & que sa Lumiere dans le centre où elle paroît avoir le plus d'éclat, soit considérée comme équivalente à un Anneau infiniment petit ; les Quarrés des Diamètres des Anneaux seront suivant la progression 0, 1, 2, 3, 4, &c. Je mesurai aussi les Diamètres des Cercles obscurs qui étoient entre ces Cercles lumineux, & je trouvai leurs Quarrés selon la progression des Nombres $\frac{1}{2}$, $1 \frac{1}{2}$, $2 \frac{1}{2}$, $3 \frac{1}{2}$, &c. les Diamètres des quatre premiers à six pieds de distance du Miroir, estimés en pouces, étant $1 \frac{3}{16}$, $2 \frac{1}{16}$, $2 \frac{2}{3}$, $3 \frac{3}{20}$ ». Dans une septième observation, Newton développe son sentiment à propos de l'analogie découverte: «Il me parut que ces Couleurs étoient produites par cette Plaque de Verre épaisse, à peu près de la même manière qu'elles l'étoient par des Plaques fort minces. Car je trouvai par expérience, que si l'on ôtoit le Vif argent de derriere le Miroir, le Verre produisoit tout seul les mêmes Anneaux colorés, mais beaucoup plus foibles qu'auparavant ; d'où il s'ensuit que ce Phenomene ne dépend pas du Vif-argent, si ce n'est entant que le Vif-argent augmente la Lumiere des Anneaux colorés, en augmentant la Reflexion du derriere du Verre». En remplaçant le miroir de verre par un miroir métallique, Newton n'observe plus d'anneaux et comprend alors: «Ces anneaux ne provenoient point d'une seule Surface speculaire, mais qu'ils dépendoient des deux Surfaces de la Plaque de verre dont le Miroir étoit composé, & de l'épaisseur du Verre entre ces deux Surfaces». Newton donne une interprétation au phénomène observé: «Il me

²³ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, p. 442-465, pour cette citation et les suivantes.

paroissoit que ces Anneaux provenaient de la même origine que ceux des Plaques minces, avec cette différence pourtant, que les Anneaux des plaques minces sont produits par les Reflexions & les Transmissions alternatives des Rayons, causées par la seconde Surface de la Plaque après avoir passé au travers de la plaque une fois, au lieu qu'ici les Rayons passent deux fois à travers la Plaque avant que d'être réfléchis, & transmis alternativement, la traversant premièrement depuis la première jusqu'au Vif-argent, & revenant ensuite depuis le Vif-argent jusqu'à la première surface, où ils sont transmis jusques sur le Carton, ou bien réfléchis en arriere vers le Vif-argent, selon qu'ils se trouvent dans des accès de facile Reflexion, ou de facile Transmission dans le temps qu'ils arrivent à cette première Surface». Newton s'intéresse alors à la tache blanche au centre des anneaux colorés et il explique: «Puis donc que tous les Rayons qui entrent au travers de la premiere Surface, sont à leur entrée dans leurs accès de facile Transmission, & que tous ceux qui sont réfléchis par la seconde Surface, sont là dans leurs accès de facile Reflexion ; il faut que tous ceux-ci soient encore dans leurs accès de facile Transmission lorsqu'ils reviendront à la premiere Surface, & que par conséquent ils sortent-là du Verre pour aller donner sur le Carton, & y former une Tache Blanche de Lumiere dans le Centre des Anneaux. Car cette raison a également lieu dans toutes les espèces de Rayons ; & par conséquent il faut que les Rayons de toute espece aillent pêle-mêle vers cette Tache, & la fassent paroître blanche en se mêlant tous ensemble». Newton précise encore, toujours grâce à sa théorie des accès, pourquoi des anneaux colorés se forment autour de la tâche blanche centrale: «Pour ce qui est des Rayons qui sont réfléchis plus obliquement qu'ils n'entrent, les intervalles de leurs accès doivent être plus grands après qu'avant le reflexion...D'où il peut arriver que ces Rayons, lorsqu'ils seront revenus à la premiere Surface, se trouveront, à certaines obliques, dans des accès de facile Reflexion, & retourneront par conséquent au Vif-argent: Mais qu'à d'autres obliques intermédiates, se retrouvant dans des accès de facile Transmission, ils iront de-là jusqu'au Carton, & y peindront des anneaux colorés autour de la Tache Blanche». Dans la proposition suivante, Newton observe le phénomène pour plusieurs épaisseurs de verre et procède à des mesures précises afin de savoir si les dimensions et les proportions des anneaux peuvent être déterminées par le calcul. Dans la neuvième observation, il remarque que «les Diamètres des Anneaux sont réciproquement en proportion soudoublée des épaisseurs des Plaques de Verre». Cela confirme que les anneaux dépendent de

l'épaisseur du verre et donc de ses deux surfaces : *«Ils dépendent de la Surface convexe ; parce qu'ils sont plus lumineux lorsque cette Surface est enduite de Vif-argent, que lorsqu'elle ne l'est pas. Ils dépendent aussi de la Surface concave ; parce que sans cette surface, le miroir ne produit aucun Anneau. Enfin ils dépendent des deux Surfaces, & de la distance qu'il y a entre ces Surfaces ; parce que la grandeur des Anneaux varie par le seul changement de cette distance. Et à cet égard la dépendance des Anneaux est de la même espece que celle à laquelle sont assujeties les Couleurs des Plaques minces par rapport à la distance des Surfaces de ces Plaques ; la grandeur des Anneaux, & les proportion mutuelle, le changement de leur grandeur causé par la variation de l'épaisseur du Verre, l'ordre de leurs Couleurs»*.

Dans le deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian donne une présentation fidèle de ce qui vient d'être résumé mais s'arrête quand Newton interprète les observations grâce à la théorie des accès: *«Il tenta d'expliquer ce phénomène par des principes romanesques dont je vous ai rendu compte au commencement de la lettre précédente. Il dit même là-dessus des choses si incompréhensibles, que je ne pourrais jamais m'imaginer qu'elles fussent d'un aussi grand homme que lui, si je n'avois pas actuellement son Optique sous les yeux»*²⁴.

²⁴ A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 2, p. 69.

3- *Troisième livre du Traité d'optique*

-Observations-

Le troisième livre commence par onze observations sur «*les Inflexions des Rayons de Lumière, & les Couleurs produites par ces Inflexions*»²⁵. Newton explique que certains physiciens (qu'il ne nomme pas) attribuent la cause du phénomène (observé pour la première fois par Grimaldi) à la simple réfraction de la lumière dans l'air. Cependant, il remarque qu'une étude plus poussée montre que la simple réfraction n'est pas suffisante pour rendre compte de la complexité du phénomène. Dans une première observation, Newton explique qu'en se plaçant dans une chambre obscure dans laquelle est dirigé un fin trait de lumière vers un cheveu, l'ombre de celui-ci est plus large qu'il ne devrait-être. Pour Newton, la lumière qui passe de part et d'autre du cheveu est donc déviée de la trajectoire rectiligne qu'elle aurait dû suivre. Il remarque encore que la grandeur de l'ombre du cheveu ne dépend pas du milieu transparent dans lequel il se trouve (air, eau, verre...). Enfin, il ajoute à propos de cette première observation: «*Parce que lorsque le Papier est à une grande distance du cheveu, l'Ombre est fort large...Il s'ensuit de là que le Cheveu agit sur les Rayons de Lumière, à une distance considérable dans le temps qu'ils passent à côté de lui. Mais son action est plus forte sur les Rayons qui passent à de moindres distances ; & elle s'affoiblit toujours de plus en plus, à mesure que les Rayons passent à de plus grandes distances*». Dans la seconde observation, il explique: «*Les Ombres de tous les Corps, (des Metaux, des Pierres, du Verre, du Bois, de la Corne, de la Glace, &c.) exposés à cette Lumière, étoient bordées de trois Franges paralleles de Lumiere colorée, desquelles celle qui touchoit l'ombre, étoit la plus large & la plus lumineuse, & celle qui en étoit la plus éloignée, étoit la plus étroite, & si peu marquée qu'à peine pouvoit-on la voir*». Dans une troisième observation, il effectue des mesures sur les franges obtenues en faisant varier la distance entre le cheveu et l'écran blanc. Cela lui permet de voir que les intervalles entre les franges lumineuses augmentent en gardant des proportions identiques lorsque l'écran est éloigné progressivement du cheveu. Dans la

²⁵ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, p. 477-503, pour cette citation et les suivantes.

cinquième observation, Newton remplace le cheveu par une lame de couteau effilée vers laquelle il dirige un fin pinceau de lumière. Il observe alors une inflexion de la lumière vers l'intérieur de l'ombre de la lame portée à l'écran. Dans la sixième observation, il dispose deux lames de couteaux de façon parallèle et dirige un fin rayon de lumière entre les deux. Lorsque la distance entre les deux tranchants des lames est environ la «400^{ème} partie d'un pouce», Newton voit alors: *«Le rayonnement qui sortoit de ce Trait de Lumière, se partageoit par le milieu en deux parties, & laissoit une Ombre entre-deux. Cette Ombre étoit si noire & si obscure, que toute la Lumiere qui passoit entre les Couteaux, sembloit pliée & détournée d'un côté ou de l'autre. A mesure que les Couteaux s'approchoient l'un de l'autre, l'Ombre devenoit plus large ; & les Rayonnements plus courts vers leurs extrémités intérieures qui étoient tout près de l'Ombre, jusqu'à ce que les Couteaux venant à se toucher, toute la Lumière disparut, & l'Ombre prit sa place»*. Il en conclut que la lumière est davantage infléchiée lorsqu'elle passe près du tranchant du couteau et lorsque l'ouverture entre les deux couteaux est très restreinte. De plus, en rapprochant progressivement les deux lames et avant que l'ombre centrale n'apparaisse, il observe distinctement plusieurs franges à l'écran: *«Les franges commençoient à paroître sur les extrémités interieures de ces Rayonnements, aux deux côtés de la Lumiere directe : trois d'un côté, produites par le tranchant d'un des Couteaux ; & trois de l'autre côté, produites par le tranchant de l'autre Couteau»*. Enfin, Newton montre que les franges qui proviennent d'une même lumière sont situées sur des hyperboles et non sur des droites. Par conséquent, il pense que les lames de couteaux doivent agir en permanence sur la lumière jusqu'à son arrivée à l'écran. Pour finir cette partie sur l'inflexion de la lumière, Newton refait l'expérience avec le cheveu en remplaçant la lumière blanche par de la lumière colorée obtenue grâce à un prisme. Les résultats lui montrent que la lumière rouge, la moins réfrangible, est déviée par le cheveu à des distances plus grandes de celui-ci que pour la lumière violette, la plus réfrangible, puisque les franges rouges sont les plus larges et s'étendent davantage sur l'écran que les franges obtenues avec la lumière violette. A la suite de quoi, Newton ne propose aucune théorie qui pourrait expliquer les observations précédentes comme il avait pu le faire pour les anneaux colorés. Cependant, il annonce pour finir cette partie : *«Dans le temps que je faisois ces Observations, j'avois dessein d'en repeter la plus grande partie avec plus d'exactitude, & d'en faire quelques autres toutes nouvelles pour déterminer la manière*

dont les Rayons de Lumière se plient en passant près des Corps pour produire des Franges colorées avec des Lignes obscures entre deux. Mais d'autres occupations vinrent alors m'interrompre, & presentement je ne sçaurois me résoudre à rentrer dans l'examen de ces choses».

Sur tout ce qui précède à propos de l'inflexion de la lumière, Paulian ne dit rien dans le deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*. Il ne fait que remarquer sur les onze observations de Newton: «*Je les ai luës plus d'une fois à tête reposée ; & comme je les ai trouvées encore moins intéressantes que celles que vous avez rapportées dans votre quatrième & votre sixième lettre, je me suis déterminé à ne pas vous en parler*»²⁶.

-Présentation des questions-

La deuxième partie du troisième livre est élaborée de façon différente du reste de l'ouvrage. Newton présente ainsi ses questions comme des pistes à suivre et donne son sentiment pour aider à mieux percevoir le vrai du faux: «*Puisque je n'ai pas fini cette partie [sur l'inflexion de la lumière] de mon dessein, je me contenterai, pour toute conclusion, de proposer quelques Questions qui pourront engager d'autres personnes à pousser plus loin ces sortes de recherches*»²⁷. Par la suite, nous choisirons de regrouper les questions qui présentent des sujets communs. De plus, certaines questions qui ne traitent pas de la lumière et de ses effets physiques ne seront pas examinées. Ainsi, sont exclues de notre étude, les questions 12, 13, 14, 15, 16 et 23 qui portent sur la vision, la question 24 qui aborde le mouvement animal et une grande partie de la dernière question qui décrit des expériences de chimie de tout ordre et traite essentiellement de la structure de la matière. Afin d'être en mesure de procéder pour le mieux aux comparaisons que l'on souhaite faire, les parties traitées débiteront toujours par le résumé détaillé de l'ouvrage de Newton. Cela nous permettra de garder plus facilement en mémoire les contenus parfois ardues qui seront repris lors des comparaisons.

²⁶ A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 2, p. 72.

²⁷ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 503-504, pour cette citation et les suivantes.

-Questions 1 à 4-

Dans la première des questions «*qui servent de Conclusion à tout l'ouvrage*», Newton s'interroge ainsi: «*Les corps n'agissent-ils pas, à certaine distance, sur la Lumière ? & par leur action ne plient-ils pas ses Rayons ? & (toutes choses d'ailleurs égales) cette action n'est-elle pas plus forte, à mesure que la distance est moindre ?*» Il se demande alors si les rayons de lumière n'auraient pas chacun une flexibilité à l'image de leurs réfrangibilité et réflexibilité: «*Ne sont-ils pas séparés l'un de l'autre par leurs différentes Inflexions, de sorte qu'ils produisent, après leur séparation, les trois Franges colorées qui ont été décrites ci-dessus ?*» Il pense que les rayons passant près des extrémités des corps sont «*pliés plusieurs fois en divers sens par un mouvement pareil à celui d'une Anguille*» et qu'ils le sont de façon à produire diverses inflexions qui donnent les franges colorées. Newton suggère enfin que les phénomènes mentionnés (réflexion, réfraction et inflexion de la lumière) sont produits par «*un seul & même Principe, qui agit différemment en différentes circonstances*».

En comparant ce qui vient d'être résumé avec ce qui est dit dans le deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*²⁸, nous constatons que Paulian prend des éléments se trouvant dans les *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*²⁹ de Newton. Ainsi, il explique que Grimaldi découvre le phénomène de diffraction: les rayons de lumière sont «*détournés*» de leur droit chemin en passant à proximité immédiate d'un

²⁸ Rappelons ce que dit Paulian: «*En l'année 1660, le P. Grimaldi Jésuite s'aperçut que tout rayon de lumière passant près d'un corps quelconque, par exemple, près d'une lame de couteau, se détournait visiblement de son chemin, pour se courber & s'infléchir sensiblement vers la pointe de la lame*». A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 2, p. 74.

²⁹ Dans la quatorzième section du premier livre de l'ouvrage intitulée «*Du mouvement des corpuscules attirés par toutes les parties d'un corps quelconque*», Newton ajoute un scholie à ce qu'il vient de démontrer pour un corpuscule quelconque: «*A cause de l'analogie qui est entre le mouvement progressif de la lumière, & celui des autres projectiles, j'ai cru nécessaire d'ajouter les Propositions suivantes en faveur des Opticiens. Au reste, je ne m'embrasse point de la nature des rayons, je n'examine point s'ils sont matériels ou non ; mais je me contente de déterminer les trajectoires des corps qui peuvent être semblables à celles que décrivent les rayons...*». I. Newton, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* (trad. Madame Du Châtelet), 1759, t. 1, pp. 236-238.

«*corps quelconque*» comme, relève Paulian, une simple lame de couteau. Cette dernière explication porte à croire que Grimaldi se sert d'une lame de couteau pour mettre en évidence le phénomène optique, ce qui est faux. La lame de couteau provient des *Principia* comme exemple d'objet pouvant produire le phénomène. D'ailleurs, un schéma de l'expérience (voir la figure 1) inséré dans l'ouvrage est commenté par Newton³⁰. De plus, Paulian signale que le savant utilise l'expérience du couteau pour donner une marque visible de l'attraction à distance qui explique aussi la réflexion et la réfraction de la lumière. Une fois de plus, il faut chercher dans les *Principia* pour retrouver la trace de ce type de propos³¹ qui ne se trouvent pas dans les questions du *Traité d'optique* où Newton précise, plus prudemment, que les réflexion, réfraction et inflexion de la lumière sont issues d'«*un seul & même Principe, qui agit différemment en différentes circonstances*»³².

³⁰ «Dans la figure ci-jointe, S représente la pointe d'un couteau ou d'un corps quelconque ASB ; & gowog, fnunf, emime, dlsld, sont des rayons qui s'infléchissent vers le couteau oar des arcs owo, nun, mem, lsl, plus ou moins concaves selon leurs distances. Or comme cette courbure des rayons se fait à une certaine distance du couteau, les rayons qui l'atteignent doivent donc s'être infléchis avant de l'avoir atteint». Cette figure peut faire croire que Newton a réalisé l'expérience très simplement d'autant qu'il précise s'être assuré du phénomène par des expériences exactes. Or, cela est assurément une «expérience de pensée» car il est impossible d'observer les trajectoires des rayons infléchis...

³¹ A cet endroit de l'ouvrage, Newton explique: «On peut appliquer ces recherches sur l'attraction à la réflexion de la lumière & à sa réfraction...». Il ajoute encore: «Les rayons en passant près des angles des corps opaques ou transparents tels que l'extrémité d'une lame de couteau, d'une pièce de monnoye, d'un morceau de verre, ou de pierre, &c. s'infléchissent autour de ces corps comme s'ils en étoient attirés...». I. Newton, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* (trad. de Madame Du Châtelet), 1759, t. 1, pp. 236-238.

³² Nous pouvons nous demander ce que Newton entend par là. Il désigne probablement un principe d'action à distance dont les effets produisent sur la lumière une attraction ou une répulsion selon certaines circonstances à préciser...

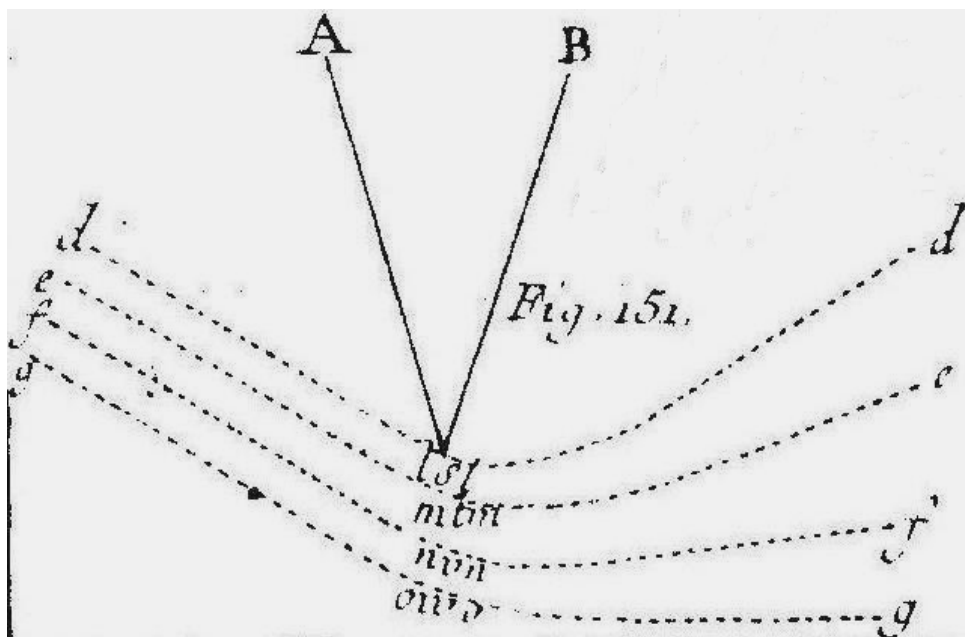


Figure 1³³

-Questions 5 à 11-

Newton aborde le lien de réciprocité entre la lumière et la matière: «*Les corps & la Lumière n'agissent-ils pas mutuellement l'un sur l'autre : c'est-à-dire, les Corps sur la Lumière, en la jettant, la réfléchissant, la rompant, & la pliant ; & la Lumière sur les Corps, en les échauffant, & en donnant à leurs parties un mouvement de vibration en quoi consiste la chaleur ?*»³⁴ Il suppose que le corps noir est facilement échauffé par la lumière qui, étant piégée à l'intérieur du corps, «*souffre plusieurs différentes Reflexions ou Refractions, jusqu'à ce qu'elle y soit éteinte & perduë*». Il en vient à parler du feu: «*Tous les Corps fixes, lorsqu'ils sont échauffés au-delà d'un certain degré, ne jettent-ils pas de la Lumière, & ne brillent-ils pas ? Cette émission n'est-elle pas produite par les vibrations de leurs parties ?*» Pour Newton, l'agitation des parties des corps est produite de différentes façons (avec l'augmentation de chaleur, les frottements, les réactions chimiques...) et il donne alors une multitude d'exemples. Il se demande encore si le feu ne serait pas «*un corps échauffé à tel point qu'il jette de la Lumière en abondance*» et il

³³ I. Newton, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* (trad. de Madame Du Châtelet), 1759, t. 1, Planche 4, p. 242.

³⁴ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 504-512, pour cette citation et les suivantes.

propose une définition de la flamme: *«N'est-ce pas une Vapeur, une fumée, ou une exhalaison qui est échauffée jusqu'à être ardente, c'est-à-dire, qui a contracté un tel degré de chaleur qu'elle en est toute brillante de Lumière ? Car les Corps ne sont point enflammés sans jeter quantité de fumée ; & cette fumée brûle la Flamme»*. Il explique aussi que s'il ne s'échappe pas de flamme des métaux en fusion, c'est qu'il n'y a pas de production suffisante de fumée. De plus, il précise aussi que *«la fumée en passant à travers la Flamme, ne peut que devenir ardente ; & une Fumée ardente ne peut avoir qu'une apparence de Flamme»*. Newton revient sur la chaleur: *«Les corps d'un grand volume ne conservent-ils pas plus long-temps leur chaleur ; parce que leurs parties s'échauffent réciproquement ? Et un corps vaste, dense & fixe, étant une fois échauffé au-delà d'un certain degré, ne peut-il pas jeter de la Lumière en telle abondance, que par l'émission & la réaction de sa Lumière, par des Reflexions & des Refractions de ses rayons au-dedans de ses pores, il devienne toujours plus chaud, jusqu'à ce qu'il parvienne à un certain degré de chaleur, qui égale la chaleur du Soleil ?»* Ainsi, pour Newton, la lumière serait la conséquence d'un échauffement excessif des parties du corps comme pour le soleil et les étoiles. Cependant, il précise que les atmosphères qui enveloppent ces astres empêchent que leurs parties ne s'échappent ³⁵, *«si ce n'est par l'émission de la lumière, & d'une très-petite quantité de Vapeurs & d'Exhalaisons»*.

Dans le deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian n'adopte pas le sentiment de Newton sur la nature du feu sans pour autant apporter des précisions sur ce qui le dérange. Cependant, en étudiant le troisième tome de l'ouvrage de Paulian, nous avons vu qu'il s'étend davantage sur le sujet en proposant une explication très personnelle qui n'a rien à voir avec celle de Newton.

³⁵ Pour preuve de cette affirmation, il donne le résultat expérimental suivant: *«Si l'on échauffe modérément de l'Eau dans un Vase transparent, dont on a tiré l'Air, cette Eau bouillira dans la Vuide avec autant de violence qu'elle seroit en plein Air dans un Vase mis sur un Feu qui lui donneroit un beaucoup plus grand degré de Chaleur: la raison de cela, c'est qu'en plein Air le poids de l'Atmosphère qui pese dessus, déprime les Vapeurs, & empêche que l'Eau ne bouille avant que d'être devenue beaucoup plus chaude qu'il n'est nécessaire pour qu'elle bouille actuellement dans le Vuide»*. Ibid., p. 511.

Newton explique ici que les ondes sont produites dans des milieux matériels comme l'eau ou l'air et qu'elles se propagent dans toutes les directions à partir d'un ébranlement initial (caillou jeté dans l'eau, percussion d'un instrument de musique...). De même, il s'interroge en reprenant sa théorie des accès: *«Lorsqu'un Rayon de Lumiere vient à tomber sur la Surface de quelque Corps pellucide, & qu'il est rompu ou reflechi, ne peut-il pas être que des Ondes de vibrations ou de tremoussements soient par là excitées au point d'Incidence dans le Milieu rompant ou reflechissant ; qu'elles continuent à s'élever en cet endroit ; & que tout autant qu'il s'en élève, elles soient continuées de là à de grandes vitesses»*³⁶. Puis, il ajoute: *«Or les vibrations qui sont ainsi continuées depuis le point d'Incidence jusqu'à de grandes distances, n'atteignent-elles pas les Rayons de Lumiere ? & en les atteignant successivement, ne leur communiquent-elles pas ces accès de facile Reflexion ; & de facile Transmission qui ont été décrits ci-dessus ? Car si ses rayons font effort pour s'éloigner de la partie la plus dense de la vibration, ils peuvent être alternativement accélérés & retardés par des vibrations qui les atteignent»*. Ainsi, pour rendre soutenable sa théorie des accès, Newton doit faire intervenir des «ondes de vibrations» qui nécessitent alors un milieu qu'il faut identifier. L'air peut-il être ce milieu ? Non, pense-t-il, puisqu'en chauffant deux récipients en verre dont l'un est purgé de son air, la température augmente de façon similaire à l'intérieur de chaque récipient. Ce résultat expérimental amène Newton à penser: *«La chaleur du lieu chaud n'est-elle pas communiquée à travers le Vuide par des vibrations d'un Milieu beaucoup plus subtile que l'Air, lequel Milieu reste dans le Vuide après qu'on a pompé l'Air ? Et ce Milieu n'est-il pas le même que le Milieu qui rompt & reflechit la Lumiere, & par les vibrations duquel la Lumiere échauffe les Corps, & est mise dans des accès de facile Reflexion, & de facile Transmission ?»* Newton donne donc à un même milieu subtil la faculté de propager la chaleur et de produire les différents effets de la lumière. Pour lui, ce milieu, qu'il appelle éther, pourrait bien avoir des propriétés très inhabituelles: *«Plus rare & plus subtil que l'Air, & excessivement plus élastique & plus actif»*. Les densités différentes de cet éther pourraient alors être la cause du phénomène de

³⁶ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 516-523 pour cette citation et les suivantes.

réfraction: *«La lumière s'éloignant toujours des parties du Milieu qui sont les plus denses ? Et sa densité n'est-elle pas plus grande dans les Espaces libres & vuides d'Air, & d'autres Corps plus grossiers, que dans les Pores de l'eau, du Verre, du Crystal, des Pierres précieuses, & d'autres Corps compacts ?»* Pour justifier cela, Newton relève que la lumière se propageant dans le verre et tombant très obliquement sur la surface de séparation entre le verre et le vide est totalement réfléchi. Cette expérience montre bien que *«cette réflexion totale doit plutôt venir de la densité & de la vigueur du Milieu qui est hors du Verre & au-delà du Verre, que de sa rareté & de sa faiblesse»*. De même, Newton imagine que cet éther pourrait être la cause des inflexions de la lumière: *«Passant de l'Eau, du Verre, du Crystal, & d'autres Corps denses & compacts, dans des Espaces vuides, ne devient-il pas toujours plus dense par degrés, & ne rompt-il pas par ce moyen les Rayons de Lumière, non dans un Point, mais en les pliant peu-à-peu en Lignes courbes ? Et la condensation graduelle de ce Milieu ne s'étend-elle pas à quelque distance des Corps, & ne produit-elle pas par là les Inflexions des Rayons de Lumière, qui passent près des extrémités des Corps denses à quelques distances de ces Corps ?»* Ainsi, selon lui, les variations de la densité de l'éther pourraient expliquer de nombreux phénomènes lumineux. De là, il se demande si les variations de l'éther ne pourraient pas être aussi la cause de la gravitation des corps. A ce propos, il ajoute: *«Ce Milieu n'est-il pas plus rare dans les Corps denses du Soleil, des Etoiles, des Planettes, & des Comètes, que dans les Espaces Celestes vuides qui sont entre ces Corps là ? Et en passant de ces Corps dans des Espaces fort éloignés, ce Milieu ne devient-il pas continuellement plus dense, & par là n'est-il pas cause de la gravitation réciproque de ces Vastes Corps, & de celle de leurs parties vers ces Corps mêmes ; chaque Corps faisant effort pour aller des parties les plus denses du Milieu vers les plus rares ?»* Pour lui, les particules de cet éther seraient toutes d'une grande petitesse et particulièrement élastiques, ce qui donnerait alors à ce milieu une rapidité de vibration bien plus grande que pour tous les autres types de vibrations. De plus, il ajoute: *«Si l'on suppose que l'Ether, comme notre Air, soit composé de particules qui tâchent à s'écarter les unes des autres, (car je ne sçai ce que c'est que cet Ether) & que ses particules soient excessivement plus petites que celles de l'Air, ou même que celles de la Lumière ; l'excessive petitesse de ses particules peut contribuer à la grandeur de la force par laquelle ces particules peuvent s'écarter les unes des autres ; & par là rendre ce Milieu*

excessivement moins capable de résister au mouvement des Corps jettés, excessivement plus capable de presser les Corps grossiers par l'effort qu'il fait pour se dilater». Pour appuyer l'idée d'un éther extrêmement rare et grandement élastique mais qui n'engendre pourtant qu'une résistance insensible sur les corps qui le traversent, Newton fournit d'autres descriptions de la nature tout aussi surprenantes: «Si quelqu'un s'avisait de me demander comment un Milieu peut être si rare ; qu'il me dise, lui-même, comment dans les parties supérieures de l'Atmosphere l'Air peut-être plus de mille fois cent mille fois plus rare que l'Or...».

Dans le résumé qu'il donne des questions précédentes dans le deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian relève bien la volonté de Newton de proposer une interprétation mécaniste avec uniquement des actions de contact là où intervient l'action à distance. Dans ce sens, Newton fait intervenir un milieu de propagation qu'il appelle l'éther. Or, Paulian se montre critique sur ce point et propose une interprétation différente pour l'expérience montrant une augmentation de température similaire dans un récipient rempli d'air et un autre purgé d'air. De plus, Paulian ne relève pas l'explication concernant l'inflexion des rayons de lumière passant à proximité des corps. Rappelons que Newton avait observé précisément le phénomène d'inflexion dans les observations qui débutent le troisième livre de son *Traité d'optique* et avait découvert que, après leur passage près des corps, les rayons de lumière empruntaient des trajectoires hyperboliques. L'intervention d'un éther dont la densité augmente par éloignement permet à Newton de tenter d'expliquer ce phénomène. Pourquoi Paulian ne mentionne-t-il pas cela? Pour répondre, il faut d'abord se rendre compte des conséquences insoutenables de l'explication newtonienne comme le précise Bernard Maitte: «Evidemment, si l'éther se condense de plus en plus, il oppose une résistance croissante qui explique la trajectoire suivie...mais pourquoi y aurait-il une telle condensation de l'éther ? Pourquoi uniquement après et à l'extérieur d'un obstacle rencontré par la lumière (les rayons réfléchis et réfractés sont rectilignes) ? Pourquoi des rayons transmis directement passant dans la zone où «l'éther est condensé» conservent-ils, comme le montre l'expérience, une trajectoire rectiligne ? On le voit, Newton n'est plus maître de ses explications : elles sont invraisemblables. Pour en masquer la légèreté, il n'hésite pas à

fuir en avant et à les généraliser»³⁷. Newton en vient à la gravitation qu'il tente d'expliquer de façon similaire. Paulian remarque alors que cette explication de la gravitation pose problème et il ajoute: «Par quel Mécanisme leur fluide devient-il d'autant plus dense, qu'il s'éloigne plus du Soleil ? Pourquoi cette densité suit-elle la raison directe des carrés des distances à cet astre ; car si elle n'augmente pas en cette proportion, l'on n'expliquera jamais la tendance des Planètes vers le Soleil en raison inverse des carrés des distances ? Comment rendra-t-on raison, dans l'hypothèse que propose Newton, de la gravitation mutuelle des corps ?» Manifestement, Paulian comprends que Newton se heurte à des difficultés insurmontables quand il tente d'incorporer le phénomène d'inflexion de la lumière dans une théorie générale expliquant tous les effets de la lumière. Pour lui, il est alors plus simple d'éluder cela plutôt que de le dévoiler.

- Questions 25 et 26-

Newton fait la description d'un cristal transparent possédant des propriétés très singulières: le spath d'Islande³⁸. Celui-ci, de forme naturelle rhomboédrique, a pour particularité de réfracter par deux fois la lumière qui le pénètre: *«Si l'on met une piece de ce Crysrtal sur un Livre imprimé, chaque lettre qu'on verra à travers, paroîtra double en vertu d'une double Refraction. Et si un Trait de Lumiere tombe perpendiculairement, ou sous un Angle oblique quelconque, sur une des Surfaces de ce Crystal, il se partage en deux Traits en vertu de cette même double Refraction : ces deux Traits sont de la même Couleur que le Trait incident, & paroissent égaux en quantité de Lumiere, ou à fort peu de chose près. L'une de ces Refractions se fait selon les Regles ordinaires de l'Optique : le sinus d'Incidence, de l'Air dans ce Crystal-ci, y étant au Sinus de Refraction, comme 5*

³⁷ B. Maitte, *La lumière*, 1981, p. 143.

³⁸ En 1669, Bartholin Erasmus est le premier à publier un essai sur les propriétés du spath d'Islande. Ce cristal, de grande taille et très transparent, a la caractéristique de doubler les images. Ainsi un rayon incident peut être réfracté en deux rayons que Bartholin nomme rayon ordinaire et rayon extraordinaire. Le rayon réfracté ordinairement suit les lois de Descartes contrairement au rayon réfracté extraordinairement qui suit une toute autre loi. Bartholin observe aussi la forme rhomboédrique du spath d'Islande (parallélépipède qui présente six faces identiques en forme de losange). Pour lui, le phénomène optique est dû à la nature de la lumière mais aussi à la structure du cristal puisque la réfraction extraordinaire dépend de son l'orientation.

à 3»³⁹. Pour l'autre réfraction (appelée réfraction extraordinaire), Newton se sert d'un schéma (voir la figure 2 ci-dessous) représentant le rhomboïdre et grâce auquel il définit le «plan à réfraction perpendiculaire»⁴⁰.

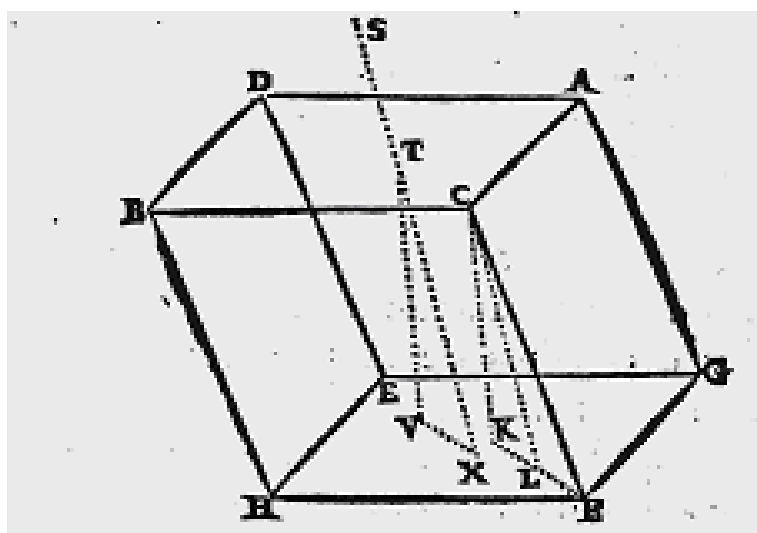


Figure 2⁴¹

Cependant, il ne fournit pas de règle générale permettant de tracer dans tous les cas le rayon réfracté de façon extraordinaire⁴² mais se contente de donner l'angle particulier (6°

³⁹ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 526-534, pour cette citation et les suivantes.

⁴⁰ Newton explique avec sa figure: «Si donc le Trait incident ST est perpendiculaire à la Surface refringente, les deux Traits TV & TX, en quoi il sera partagé en se rompant, seront parallèles aux lignes CK & CL, l'un de ces Traits allant perpendiculairement au travers du Crystal, comme il doit faire selon les Regles ordinaires de l'Optique ; & l'autre TX, divergeant de la perpendiculaire par une Refraction extraordinaire, & faisant avec elle un Angle VTX d'environ 6 degrés & 2/3, comme cela se verifie par l'Experience. Et dès-là le plan VTX, & tels autres Plans qui sont paralleles au Plan CFX, peuvent être nommés les Plans à Refraction perpendiculaire, & la Plage vers laquelle sont tirées les Lignes KL & VX, peut être nommée la Plage à Refraction extraordinaire». Ibid., p. 528.

⁴¹ Ibid., p. 527.

2/3') qu'il fait avec la normale à la surface d'entrée du cristal dans le cas où l'angle d'incidence est nul (ici le rayon réfracté de manière ordinaire ne subit aucune déviation)⁴³. Newton remarque encore que le cristal de roche produit lui aussi une double réfraction mais que la séparation entre les deux rayons réfractés est trop peu visible pour être étudiée. De plus, il précise que les rayons réfractés de façon ordinaire et extraordinaire dans le spath d'Islande émergent du cristal de façon parallèle. Il en vient alors à une expérience où deux morceaux de cristal sont placés l'un en dessous de l'autre⁴⁴ avec les plans à réfraction perpendiculaire parallèles: «*Les Rayons, qui sont*

⁴² Quelques années après Bartholin, Huygens étudie la double réfraction et publie ses travaux dans son *Traité de la lumière* en 1690. Il utilise de fins pinceaux de lumière pour mesurer avec précision les angles que font les rayons réfractés dans le cristal de calcite. Dans le chapitre intitulé «De l'étrange réfraction du spath d'Islande», il donne une explication à la double réfraction et définit le plan de section principale. Huygens conçoit la lumière comme une onde qui se propage dans le cristal selon deux formes: au rayon ordinaire est associé une onde sphérique et au rayon extraordinaire, une onde ellipsoïdale. Huygens arrive ainsi à prévoir le trajet du rayon extraordinaire en s'appuyant sur une conception ondulatoire de la lumière.

⁴³ Pour avoir lu le *Traité de la lumière*, Newton sait que Huygens a trouvé une méthode qui donne la trajectoire du rayon extraordinaire en fonction de l'angle d'incidence. Or, il n'en fait jamais mention dans la vingt-cinquième question de son ouvrage...

⁴⁴ L'expérience a initialement été réalisée par Huygens qui se sert d'un schéma par la décrire (voir la figure 3): «*Devant que de finir le traité de ce cristal, j'ajouterai encore un phénomène merveilleux, que j'ai découvert après avoir écrit tout ce que dessus... Le phénomène est, qu'en prenant deux morceaux de cristal, et les appliquant l'un sur l'autre, ou bien en les tenant avec de l'espace entre deux ; si tous les côtés de l'un sont parallèles à ceux de l'autre, alors un rayon de lumière comme AB, s'étant en deux dans le premier morceau, savoir en BD et BC, suivant les deux réfractions, régulière et irrégulière; en pénétrant de là à l'autre morceau, chaque rayon y passera sans plus se partager en deux ; mais celui qui a été fait de la réfraction régulière, comme ici DG, sera seulement encore une réfraction régulière en GH, et l'autre, CE, une irrégulière en EF*». (C. Huygens, *Traité de la lumière*, 1690, pp. 88-91, pour cette citation et la suivante.) De là, Huygens tente d'expliquer l'observation, mais son hypothèse n'est alors plus valable si les sections principales des deux cristaux sont placées de façon perpendiculaire: «*On dirait qu'il faut que le rayon GG, en passant par le morceau du dessus, ait perdu ce qui est nécessaire pour émouvoir la matière qui sert à la réfraction irrégulière ; et que CE ait pareillement perdu ce qui est nécessaire pour émouvoir la matière qui sert à la réfraction régulière: mais il y a autre chose qui renverse ce raisonnement. C'est que quand on dispose les deux cristaux en sorte, que les plans qui sont les sections principales se coupent à angles droits ; soit que les surfaces qui se regardent soient parallèles ou non ; alors le rayon qui est venu de la réfraction régulière, comme DG, ne fait plus qu'une réfraction irrégulière dans le morceau inférieur,*

rompus de la manière ordinaire dans la première Surface du premier Crystal, seront rompus de la manière ordinaire dans toutes les surfaces suivantes ; & les Rayons, qui sont rompus de la manière extraordinaire dans la première Surface, seront aussi rompus de la manière extraordinaire dans toutes les surfaces suivantes». Cela lui fait penser qu'«il y a donc dans les Rayons de Lumière une différence originaire, en vertu de laquelle quelques Rayons sont dans cette Expérience constamment rompus de la manière ordinaire, & d'autres constamment rompus de la manière extraordinaire». Pour Newton, si la lumière est modifiée à cause du simple changement de milieu, cela doit se reproduire pour un changement de milieu similaire. Or, ce n'est plus le cas dans l'expérience précédente puisque les rayons ne sont plus réfractés de deux façons en traversant le deuxième cristal... Ainsi, il pense que «la Réfraction extraordinaire est donc produite par une propriété naturelle aux Rayons». Dans ce sens, Newton se demande: «Les rayons de Lumière n'ont-ils pas différents côtés, doués de différentes propriétés originaires ?» Il explique encore qu'en tournant de 90° le second cristal par rapport au premier, le rayon ordinaire sortant du premier cristal se réfracte, cette fois, de façon extraordinaire dans le second cristal et le rayon extraordinaire est, lui, réfracté de manière ordinaire. Ainsi, ces différentes expériences amènent Newton à imaginer la forme géométrique que pourrait avoir le rayon de lumière: «Chaque Rayon de Lumière a donc deux côtés opposés, doués originairement d'une propriété d'où dépend la réfraction extraordinaire, & des autres côtés opposés qui n'ont pas cette propriété». Il précise que si l'angle d'incidence du rayon de lumière sur le premier cristal n'est pas nul, les observations précédentes restent toujours valables. En revanche, dans le cas où les plans à réfraction perpendiculaire des deux cristaux ne sont plus parallèles ou perpendiculaires entre eux et forment alors un angle compris entre 0 et 90°: «Les deux Traits de Lumière⁴⁵ qui sortent du premier Crystal, seront chacun partagés en deux autres, à leur entrée dans le second Crystal». Cela se comprenant très bien maintenant car, dit-il: «En ce cas, les Rayons auront dans chacun des deux Traits, quelques-uns leurs côtés à Réfraction extraordinaire, & quelques

et au contraire le rayon qui est venu de la réfraction irrégulière, comme CE, ne fait plus qu'une réfraction régulière».

⁴⁵ Ici, Newton emploie le terme de «Trait de lumière» pour signifier qu'il est constitué de plusieurs rayons de lumière n'ayant pas forcément les mêmes orientations dans l'espace.

autres leurs autres côtés, tournés vers la Plage de la Refraction extraordinaire du second Crystal».

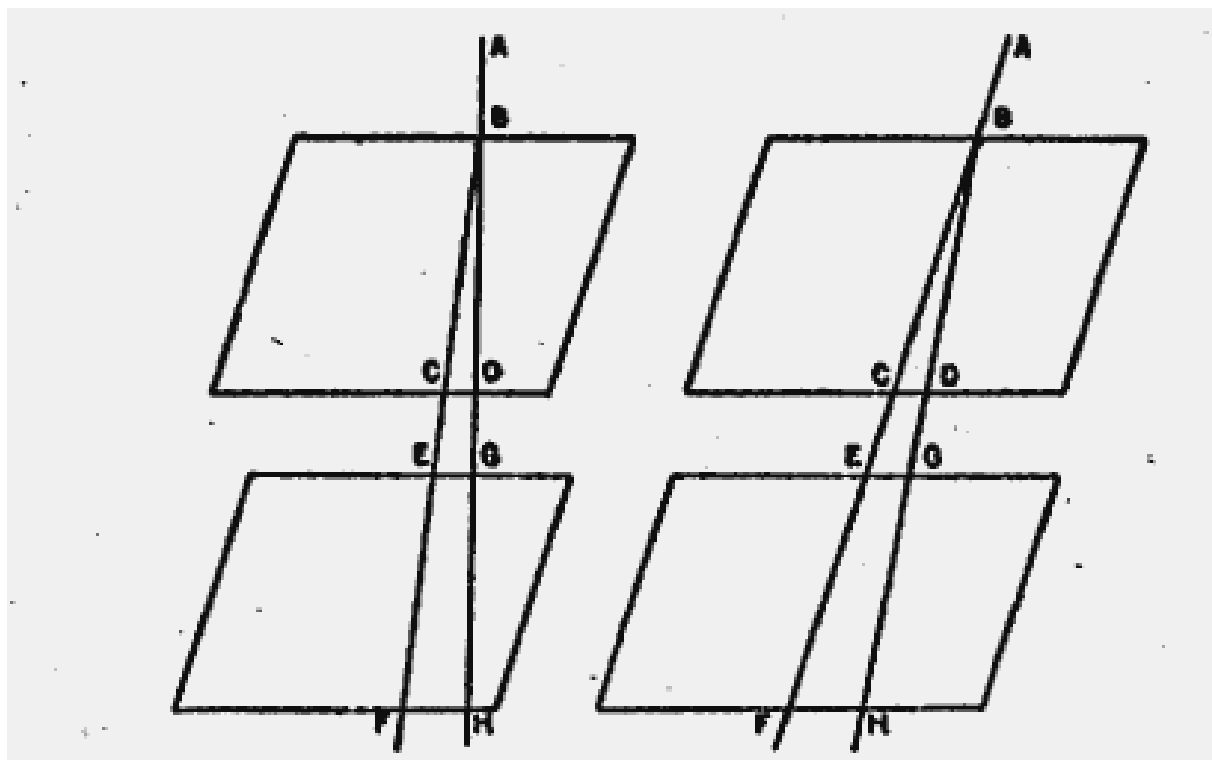


Figure 3 ⁴⁶

Dans le deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian rend bien compte du contenu de ces questions qui concernent la double réfraction. Lorsqu'il expose l'idée de Newton de géométriser les rayons de lumière pour interpréter les observations faites avec deux cristaux de calcite, Paulian la rejette sans en montrer les faiblesses. Il se contente de donner sa propre explication des choses, voyant alors un cristal constitué de différentes couches dont certaines produisent la réfraction ordinaire et d'autres, la réfraction extraordinaire. Il est à signaler qu'à aucun moment Paulian ne fait mention des explications de Huygens sur la double réfraction. Pourtant, ce dernier qui a étudié précisément le phénomène a été le seul à en donner une théorie pour la réfraction extraordinaire vérifiée par l'expérience. Pourquoi donc Paulian ne reprend pas les explications de Huygens ? D'abord, l'on peut penser que Paulian qui cite Huygens dans

⁴⁶ C. Huygens, *Traité de la lumière*, 1690, p. 89.

son *Traité de paix entre Descartes et Newton* a lu l'ouvrage du savant. Or, Huygens inscrit sa pensée dans une conception ondulatoire de la lumière et c'est très certainement cela qui déplaît à notre auteur. Nous comprenons donc mieux pourquoi Paulian ne soulève pas les différences entre Newton et Huygens à ce sujet puisque, s'il l'avait fait, il lui aurait été nécessaire d'exposer la théorie ondulatoire de la lumière à laquelle il n'adhère pas. De plus, les effets obtenus en superposant deux cristaux de calcite sont observés pour la première fois par Huygens et pourtant, ni Newton dans ses questions, ni Paulian dans le commentaire de celles-ci ne cherchent à rendre hommage à l'auteur de cette remarquable découverte. Au contraire, nous le verrons par la suite, Newton se servira des doutes exprimés par Huygens pour mieux critiquer sa démarche et Paulian, quant à lui, dissimule tout ce qui a trait à l'œuvre du savant hollandais.

-Questions 27 et 28-

Dans la première des deux questions, Newton exprime son opposition à l'idée de définir la lumière comme étant une onde: «*Les Hypothèses qu'on a inventées jusqu'ici pour expliquer les Phénomènes de la lumière par des nouvelles modifications des Rayons, ne sont-elles pas toutes mal fondées ? Puisque ces Phenomenes* ⁴⁷ *ne dépendent d'aucune nouvelle modification des Rayons, comme on l'a supposé, mais de leurs propriétés originales & immuables*» ⁴⁸. Pour lui, la lumière transporte des propriétés susceptibles de conduire à certains effets (réfractions ordinaire et extraordinaire...) lorsqu'elle interagit avec la matière environnante sans pour autant en être modifiée. Il soulève une difficulté concernant la théorie ondulatoire de la lumière: «*Si la Lumiere ne consistoit que dans une pression continuée dans un mouvement actuel, elle ne seroit pas capable d'agiter & d'échauffer les Corps qui la rompent & la réfléchissent*». Il fait encore observer que, comme pour le son qui se propage dans toutes les directions et au-delà des obstacles, la lumière devrait faire de même si elle était une onde. Cependant, il explique que les rayons

⁴⁷ Newton se sert ici des conclusions sur la lumière obtenues grâce au phénomène de double réfraction vu dans la question précédente.

⁴⁸ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 534-544, pour cette citation et les suivantes.

passant à proximité d'un objet ne se plient jamais vers l'obstacle et il ajoute: «*A la vérité, les Rayons qui passent fort près des extrémités de quelques Corps que ce soit, sont un peu pliés par l'action de ce Corps, comme nous l'avons montré ci-dessus : mais cette Inflexion ne se fait pas vers l'Ombre, elle ne se fait que du côté qui est opposé à l'Ombre ; & cela seulement lorsque le Rayon passe à une très-petite distance de l'extrémité du Corps*». De plus, il revient sur le phénomène de la double réfraction de la lumière dans le spath d'Islande: «*Personne (que je sçache) n'a encore tenté d'expliquer la Refraction extraordinaire du Crystal d'Islande par une communication de pression ou de mouvement, excepté M. Huygens, qui pour cet effet a supposé au-dedans de ce Crystal deux différentes émanations d'Ondes de Lumière*». Huygens avait avoué son impuissance à expliquer les effets observés lorsque deux morceaux de cristal sont mis l'un au-dessus de l'autre et Newton ne manque pas de le rappeler ici: «*M. Huygens soupçonnoit que les Ondes de l'Ether, en passant par le premier Crystal, pouvoient acquérir certaines formes ou modifications qui pouvoient les déterminer à être continuées au-dedans du second Crystal, dans l'un ou l'autre des deux Milieux. Mais il ne pouvoit point dire quelle étoient ces modifications, ni rien imaginer de satisfaisant sur cet Article*». Pour déconsidérer davantage les travaux de Huygens sur la double réfraction du spath d'Islande, Newton reprend même un extrait du *Traité de la lumière* où le savant exprime un aveu d'impuissance: «*Mais pour dire comment cela se fait, je n'ai rien trouvé jusqu'ici qui me satisfasse*». Cependant, Newton reconnaît qu'il lui est aussi bien difficile d'imaginer comment les rayons peuvent acquérir des dispositions immuables à l'origine de leur émission... En reprenant sa théorie des accès, il fustige une nouvelle fois la théorie ondulatoire de la lumière qui lui semble incapable de rendre compte du phénomène des anneaux colorés sauf à imaginer, dit-il, deux éthers différents remplissant l'espace. Dans ce cas, il faudrait alors que «*les vibrations de l'un de ces Milieux constituent la Lumière; & que les vibrations de l'autre, étant plus rapides, toutes les fois qu'elles atteignent les vibrations du premier, les mettent dans ces accès*». Or, selon Newton, les milieux éthérés devraient forcément interagir entre eux et il y aurait alors des perturbations les empêchant d'agir indépendamment l'un de l'autre. En outre, il remarque qu'un milieu fluide dont les frottements sont proportionnels à la densité ne peut pas remplir les espaces célestes dans la mesure où les corps célestes seraient inexorablement ralentis puis arrêtés par un fluide de ce type. Cela n'est à l'évidence pas le cas et Newton explique: «*Pour assurer les*

mouvements reguliers & durables des Planetes & des Cometes, il est absolument necessaire que les Cieux soient vuides de toute matiere, excepté peut-être quelques vapeurs très-legeres, ou exhalaisons qui viennent des Atmospheres de la Terre, des Planetes, & des Cometes ; & un Milieu étheré excessivement rare, tel que nous l'avons décrit ci-dessus». De là, il ajoute: «Comme ce Fluide n'est d'aucun usage, & qu'il feroit obstacle aux operations de la Nature, & la rendroit langissante, aussi n'y a-t-il point de preuve de son existence ; & par conséquent il doit être rejeté. Et s'il est rejeté, les Hypotheses qui font consister la lumiere dans une pression, ou dans un mouvement continué au travers d'un tel Milieu, sont insoutenables». Newton signale que les philosophes de l'antiquité avaient aussi rejeté l'idée d'un milieu étheré fluide pensant alors que la matière était constituée d'atomes entourés de vide. Il ajoute que les philosophes modernes ont rejeté de la physique toute explication où les actions de contact n'interviennent pas, «*imaginant des Hypotheses pour expliquer toutes choses mécaniquement, & renvoyant les autres Causes à la Metaphysique*». Cependant, pour Newton, la physique consiste seulement à raisonner sans recourir à des hypothèses imaginaires pour «*déduire les Causes des Effets, jusqu'à ce qu'on soit parvenu à la Cause Premiere*», ultime cause qui, selon lui, n'est certainement pas mécanique, faisant ainsi implicitement référence à l'action Divine.

Dans le deuxième tome de son *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian ne commente pas le début de la vingt-huitième question et la présente uniquement comme un passage traitant de la résistance des milieux. Pourtant, la première partie de la question donne l'occasion à Newton de réfuter l'hypothèse ondulatoire de la lumière en reprenant les différentes expériences d'optique qu'il a étudiées dans son ouvrage. Or, le contenu concerne des points que notre auteur ne veut pas évoquer dans son commentaire et avec lesquels il est en désaccord. Il continue à ignorer ce qui touche à la théorie des accès et aux travaux de Huygens sur la double réfraction. Paulian ne commence le commentaire que lorsque Newton apporte un argumentaire visant à montrer qu'un éther fluide engendrerait nécessairement des frottements sur les corps célestes. Le résumé que donne ici Paulian est conforme à la réalité mais il arrange encore les choses lorsqu'il dit que Newton «*fait l'éloge des Philosophes Grecs & Phoeniciens qui ont admis le vuide & les atômes, & qui, pour expliquer la gravité de ces corpuscules inaltérables, n'ont pas eu*

recours à un fluide dense, ni à une cause quelconque immédiate & mécanique»⁴⁹. Pour Newton, il n'est pas question comme Paulian le dit de revenir aux idées antiques sur la physique mais de donner une courte présentation historique des choses qui l'amène, au bout du compte, à critiquer la démarche scientifique employée par les cartésiens qui lui sont contemporains. Pour finir, Paulian résume bien l'approche théologique du savant qui est exposée à la fin de la question d'autant qu'il dit rejoindre Newton à ce sujet.

-Questions 29 et 30-

Newton se demande si les rayons de lumière⁵⁰ ne seraient pas «*de fort petits Corpuscules élançés ou poussés hors des Corps lumineux*»⁵¹⁵². Il reprend les phénomènes de son ouvrage pour les interpréter avec cette hypothèse corpusculaire: «*Les Corps transparents agissent en éloignement sur les Rayons de Lumière en les rompant, les réfléchissant, & les pliant : les Rayons réciproquement agitent à certaine distance des particules de ces Corps pour les échauffer ; & cette action & réaction produite à certaine distance, ressemble extrêmement à l'attraction réciproque des Corps*». Pour le phénomène de réfraction, Newton demande de se référer à ses *Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle* où les calculs faisant intervenir l'attraction à distance donnent des résultats parfaitement vérifiés par l'expérience: «*Les sinus d'incidence sont aux sinus de réfraction en proportion donnée*»⁵³. Afin d'expliquer au mieux le phénomène de

⁴⁹ A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 2, pp. 95-96.

⁵⁰ Le concept de rayon lumineux est commun aux théories ondulatoire et corpusculaire de la lumière. Le rayon lumineux n'est autre que le trajet suivi par la lumière que l'on peut représenter, en totalité ou partiellement, sous la forme d'une courbe (souvent un trait) en optique géométrique.

⁵¹ Il est à signaler que c'est la première fois depuis le début du *Traité d'optique* que Newton fait explicitement appel à l'hypothèse corpusculaire de la lumière. Néanmoins, dans ses *Principia* publiés en 1687, Newton avait montré sa préférence pour l'hypothèse corpusculaire de la lumière en démontrant de manière théorique, grâce son principe d'attraction réciproque, la loi des sinus pour des corpuscules quelconques changeant de milieu.

⁵² I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 546-553, pour cette citation et les suivantes.

⁵³ La loi obtenue théoriquement avec des corps quelconques est vérifiée de manière expérimentale pour la lumière. Ainsi, nous pouvons penser, avec Newton, que la lumière est faite de corpuscules... Cependant,

réflexion de la lumière, il reprend une expérience particulière: *«Les Rayons de Lumiere passant du Verre dans le Vuide, sont pliés vers le Verre, & s'ils tombent trop obliquement sur le Vuide, ils sont pliés en arriere dans le Verre, & totalement reflechis»*. Pour lui, la réflexion de la lumière ne peut pas être attribuée au vide et il ne peut donc s'agir que de l'action de verre⁵⁴ à proximité de la surface de séparation des milieux. Pour preuve, il explique qu'en humectant la surface du verre avec un liquide (eau, huile, miel...), le rayon se réfracte car, dit-il: *«L'attraction du Verre est presque balancée, & renduë inutile par l'attraction opposée de la liqueur»*. Reprenant alors son expérience avec les deux verres objectifs produisant les anneaux colorés, il remarque que si l'épaisseur entre les deux lentilles de verre devient très faible, la lumière traverse l'ensemble du dispositif sans être réfléchi. En retirant la deuxième lentille, la lumière se trouve alors réfléchi à la surface de sortie de la première lentille et Newton pense alors qu'*«elle est donc ramenée en arriere par une force qui se trouve dans le premier Verre, puisqu'il n'y a aucune autre chose qui puisse la faire retourner»*. Pour lui, cela montre que la surface d'entrée du second verre attire plus la lumière que la surface de sortie du premier verre. Concernant maintenant les couleurs de la lumière, Newton explique que pour les produire, *«il suffit que ses Rayons soient des Corpuscules de différentes grosseurs»*. Les plus petits corpuscules qui sont donc les plus facilement détournés donnent le violet et les autres, poursuit Newton, *«à mesure qu'ils sont plus gros, produisent des Couleurs plus fortes & plus éclatantes, le Bleu, le Vert, le Jaune & la Rouge, & qu'à proportion de leur grosseur, ils soient toujours plus difficilement détournés du droit chemin»*. De même, à propos de l'expérience des anneaux colorés et de sa théorie des accès, il précise: *«Pour mettre les Rayons de Lumiere dans des accès de facile Reflexions & de facile Transmission, il suffit aussi que ces Rayons soient de petits Corpuscules qui par leur puissance attractive, ou par quelque'autre force, excitent des vibrations dans le Milieu sur lequel ils agissent ; lesquelles vibrations étant plus rapides que les Rayons, les atteignent successivement, & les agitent de telle manière qu'elles augmentent & diminuent*

cette démarche intellectuelle ne constitue pas pour autant la preuve indiscutable de l'existence des corpuscules de lumière.

⁵⁴ Sur ce point, Newton explique: *«Or cette réflexion ne peut point être attribuée à la résistance d'un Vuide absolu, mais elle doit absolument être produite par une puissance dans le verre, laquelle attire les Rayons, & les ramene en arriere lorsqu'ils sont sur le point de passer du verre dans le Vuide»*. I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, p. 547.

*alternativement leurs vitesses, & les mettent par là dans ces accès*⁵⁵. Newton en vient encore à la réfraction extraordinaire du cristal d'Islande. Il explique qu'elle est causée *«par quelques espèces de vertu attractive, attachée à certains côtés, tant des Rayons, que des Particules du Crystal»*. Pour lui, le phénomène dépend forcément des dispositions des parties du cristal vis-à-vis du rayon de lumière car un rayon tombant perpendiculairement sur le cristal se réfracte de façon extraordinaire dans une direction particulière liée à la géométrie du cristal. De même, il ajoute: *«Et puisque le Crystal n'agit sur les Rayons par cette vertu particuliere, que lorsque l'un de leurs côtés à Réfraction extraordinaire, est tourné vers cette Plage du Cristal*⁵⁶ ; *il s'ensuit delà, que dans ces côtés des Rayons il y a aussi une vertu ou disposition qui correspond à cette disposition du Crystal, ainsi que les Poles de deux Aimants correspondent l'un à l'autre»*. Il précise aussi que cette vertu n'est pas seulement propre au cristal d'Islande mais qu'elle doit se retrouver dans tous les cristaux bien que, dit-il, cela n'a jamais été observé sauf dans le cas du cristal de roche. Enfin, la double réfraction de la lumière conforte son sentiment sur la nature de la lumière car, dit-il: *«Il est difficile de concevoir comment les Rayons de Lumiere (à moins que d'être des Corps) peuvent avoir une vertu constamment attachée à deux de leurs côtés, & non pas aux autres, & cela indépendamment de leur situation à l'égard de l'Espace ou du Milieu par où ils passent*⁵⁷. Ainsi, au terme de la vingt-neuvième question, Newton remarque que tous les phénomènes optiques décrits et expliqués dans les deux premiers livres de son ouvrage s'accordent pour le mieux avec une conception corpusculaire de la lumière. Enfin, dans la trentième question, Newton se pose les questions suivantes: *«Ne peut-il pas se faire une transformation réciproque entre les Corps grossiers & la Lumiere ? Les Corps ne peuvent-ils pas recevoir une grande partie de leur activité, des*

⁵⁵ Ainsi, à l'intérieur d'une lame mince et à l'approche de la seconde surface, les corpuscules de lumière sont transmis lorsqu'ils sont accélérés par le milieu éthéré en état de dilatation (accès de facile transmission) et ils sont réfléchis lorsqu'ils sont ralentis par le milieu éthéré en état de compression (accès de facile réflexion).

⁵⁶ Newton mentionne ici l'expérience avec les deux cristaux superposés: le rayon réfracté de façon extraordinaire dans le premier cristal est encore réfracté de façon extraordinaire dans le second cristal que si les deux cristaux sont disposés de façon parallèle.

⁵⁷ A cet endroit, Newton reconnaît implicitement que son explication de la double réfraction ne peut s'extraire de toute considération sur la nature de la lumière comme il le disait pourtant dans la vingt-sixième question en désignant le «*Trait*» comme un assemblage de plusieurs rayons de lumière...

particules de Lumiere qui entrent dans leur composition ?» Il fait remarquer que les «*corps fixes*» suffisamment échauffés sont capables d'émettre de la lumière, elle-même arrêtée par ces mêmes «*corps fixes*». Il fournit alors quelques exemples de transformations connues dans la nature et ajoute alors: «*Or parmi toutes ces transmutations si diverses & si étranges, pourquoi la Nature ne changeroit-elle pas aussi les Corps en Lumiere, & la Lumiere en Corps ?*»

Dans son *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian résume très brièvement la vingt-neuvième question. Il aborde uniquement la cause des différentes réfrangibilités des rayons de lumière et élude les parties abordant la réflexion totale, les anneaux colorés et la double réfraction. Il simplifie beaucoup l'analyse de Newton qui tente de montrer que les phénomènes optiques abordés dans son ouvrage s'accommodent très bien avec une conception corpusculaire de la lumière. Nous pouvons penser que Paulian trouve que les arguments de Newton sont insuffisants et pourraient facilement être critiqués. Enfin, la trentième question donne l'occasion à Paulian de rejeter avec véhémence l'idée de Newton d'une possible transformation de la lumière en matière sans même essayer d'en comprendre la signification ⁵⁸.

-Question 31-

La dernière question ⁵⁹ débute ainsi: «*Les petites particules des Corps n'ont-elles pas certaines vertus ou forces par où elles agissent à certaines distances, non seulement sur les rayons de Lumiere pour les reflechir, les rompre, & les plier, mais encore les unes sur les autres pour produire la plûpart des Phenomenes de la Nature ?*» ⁶⁰ Newton reste

⁵⁸ Si l'on conçoit la lumière comme une suite d'infimes corpuscules, celles-ci pourraient s'accumuler indéfiniment dans les corps et Newton cherche sans doute un principe qui pourrait compenser cet état de fait difficilement soutenable.

⁵⁹ Pour ne pas trop nous écarter de notre sujet, nous nous bornerons aux parties de la question dans lesquelles Newton parle nettement de la lumière et nous n'aborderons pas les contenus qui touchent à la structure de la matière et à sa cohésion due à des forces internes.

⁶⁰ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 553-594, pour cette citation et les suivantes.

néanmoins très prudent en employant l'idée d'attraction: *«Je n'examine point ici quelle peut être la cause de ces Attractions: ce que j'appelle ici Attraction, peut-être produit par impulsion, ou par d'autres moyens qui me sont inconnus. Je n'emploie ici ce mot d'Attraction, que pour signifier en générale une force quelconque, par laquelle les Corps tendent réciproquement les uns vers les autres...»*. Puis, il s'étend longuement sur la structure de la matière, décrit pour cela une multitude d'expériences chimiques et donne son sentiment sur la structure interne du calcite: *«Parce que les particules du Crystal d'Islande agissent toutes en même sens sur les Rayons de lumière pour produire la Refraction extraordinaire, ne peut-on pas supposer que dans la formation de ce Crystal, non seulement les particules se sont rangées d'une manière uniforme pour prendre des figures régulières en se congelant ; mais qu'aussi par une espèce de Vertu polaire, elles ont tourné leurs côtés homogènes du même sens»*. Newton pense que les rayons de lumière sont très certainement constitués de corps durs car, dit-il: *«Autrement ils ne conserveroient pas différentes propriétés dans leurs différents côtés»*. Au cours de ses explications, il fait remarquer que l'existence d'une force attractive dans la nature amène à penser en l'existence d'une force répulsive: *«Et comme dans l'Algebre les quantités negatives commencent où les affirmatives disparaissent, ainsi dans la Mécanique la Vertu repoussante doit paroître où l'attraction vient à cesser...»*. Newton applique cela à l'optique et pense que cette «vertu repoussante» pourrait bien expliquer les phénomènes de réflexion, d'inflexion, de même que l'émission lumineuse: *«Le rayon n'étant pas plutôt lancé hors du Corps lumineux par les vibrations des parties de ce Corps, & sorti de la Sphere de son attraction, qu'il est poussé en avant avec une vîtesse excessive : car la Force qui dans la Reflexion est suffisante pour repousser un Rayon, peut l'être pour le pousser en avant»*. A la fin de la question, Newton explique qu'il existe deux méthodes de recherche en physique (la méthode analytique et la méthode synthétique) et il ajoute: *«La premiere de ces deux Methodes consiste à faire des Expériences & des Observations, & en tirer par induction des conclusions générales...A la faveur de cette espece d'Analyse, on peut passer des Composés aux Simples, & des Mouvements aux Forces qui les produisent, & en général des Effets à leurs Causes, & des Causes particulières à de plus générales, jusqu'à ce qu'on parvienne aux plus générales: telle est la Methode qu'on nomme Analyse. Pour la Synthese, elle consiste à prendre pour Principe, des Causes connuës & éprouvées ; & expliquer par leur moyen les Phénomenes qui en proviennent,*

& à prouver ces Explications». Sur la méthodes employée dans son ouvrage, il explique: «Dans les deux premiers Livres de ce Traité d'Optique, j'ai employé l'Analyse pour découvrir & prouver les differences originaires des Rayons de Lumiere par rapport à la Réfrangibilité, à la Réflexibilité, & à la Couleur, leurs Accès alternatifs de facile Reflexion, & de facile Transmission, & les Propriétés des Corps, tant Opaques que Transparents, d'où dépendent leurs Reflexions & leurs Couleurs...Dans ce Troisième Livre, je n'ai fait que commencer l'Analyse de ce qui reste à découvrir touchant la Lumiere, & ses effets sur les Corps Naturels, ayant insinué plusieurs choses sur cet Article, & laissant aux Curieux le soin d'examiner ces légères Reflexions, & de les perfectionner par des Experiences & des Observations plus recherchées».

Dans le *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian commente longuement la trente et unième question. Il relate bien la prudence émise par Newton sur la notion d'attraction mais donne une fausse information en disant qu'il fait l'éloge des explications des philosophes grecs de l'antiquité sur la gravité. De là, Paulian peut remarquer que le raisonnement de Newton est contradictoire lorsqu'il émet l'idée que l'attraction pourrait bien se faire par impulsion. Cela montre que Paulian a une position plus tranchée que Newton sur la notion d'attraction à distance: il ne veut pas l'inscrire dans une conception cartésienne où les causes des phénomènes sont toujours des actions de contact. En outre, Paulian reprend Newton lorsqu'il énonce l'idée de forces répulsives qui pourraient bien expliquer certains phénomènes optiques. Sur ce point, Paulian raille la manière dont Newton s'y prend pour justifier l'idée (analogie avec les quantités positives et négatives des mathématiques) et il explique que certains des exemples de la nature qui sont cités par Newton (les mouches à la surface de l'eau...) n'ont rien à faire dans un raisonnement scientifique. Ainsi, Paulian ne suit pas du tout Newton en rejetant l'idée d'une «*puissance repoussante*» dans la nature.

Grâce à l'étude réalisée dans ce chapitre, nous avons pu approfondir les notions scientifiques que renferme le *Traité d'optique* de Newton. Les comparaisons faites avec le résumé de l'ouvrage dans le second tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, nous ont permis de déceler de nombreuses différences. Ainsi, Paulian donne une adaptation du *Traité d'optique* plutôt qu'un véritable résumé comme il le fait pourtant croire. Les conceptions de Paulian diffèrent donc de celles de Newton et il nous faut maintenant explorer différents articles de son *Dictionnaire de physique* pour connaître, dans son ensemble, la théorie de Paulian sur la lumière.

Chapitre 6 : La lumière et ses différents effets selon Paulian

Les articles sur la lumière et ses effets (propagation rectiligne, réfraction, réflexion, couleur, diffraction) n'évoluent pas ou très peu au cours des différentes éditions du *Dictionnaire de physique* et nous utiliserons essentiellement sa première édition (1761). Le phénomène de double réfraction de la lumière, quant à lui, est abordé à partir de la deuxième édition du *Dictionnaire de physique* (1773). Les contenus des articles seront comparés avec ce que dit Paulian dans le 3^{ème} tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton* au sujet de la lumière. Ainsi, nous verrons s'il existe des contradictions ou une évolution de sa pensée. De plus, nous examinerons les mêmes articles se trouvant dans le *Dictionnaire de physique portatif* afin de voir s'il existe des différences notables dans les contenus que Paulian rédige pour ces deux types formats. Cette manière de procéder pourra nous aider à comprendre davantage les motivations de l'auteur. Enfin, nous vérifierons, dans les ouvrages mentionnés, les citations que reprend Paulian dans ses articles et nous signalerons les modifications éventuellement rencontrées.

1- L'article «LUMIERE »

Paulian débute l'article en donnant la définition newtonienne de la lumière: «Des particules de matière infiniment déliées, & presque infiniment petites, que les corps lumineux envoient en ligne droite avec une vitesse incompréhensible»¹. Il pense que la lumière a des parties infiniment petites «puisqu'elle s'insinue à travers les pores du verre, que tout le monde sait être un corps impénétrable à l'air que nous respirons». Pour lui, le mouvement de la lumière est rectiligne «puisque dans une chambre obscure où il ne se

¹ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 2, pp. 430-447, pour cette citation et les suivantes.

trouve que deux petits trous parfaitement correspondants, l'un à la fenêtre & l'autre à la porte, l'on voit un rayon du Soleil entrer par l'ouverture pratiquée à la fenêtre, & sortir par celle que l'on a faite à la porte, sans éclairer l'intérieur de la chambre». Paulian fournit des résultats d'expériences qui permettent d'affirmer que la vitesse de la lumière est «*incompréhensible*» et qu'elle est extrêmement plus grande que celle du son. En 1738, les savants Turi, Maraldi et la Caille ont déterminé la vitesse du son qui «*ne parcourt que 173 toises de Paris dans l'espace d'une seconde de tems, & par conséquent cent quarante cinq mille trois cent vingt toises...dans quatorze minutes*». De plus la vitesse de la lumière est connue grâce aux observations faites sur un satellite de Jupiter ². Il y a une différence de quatorze minutes pour voir ce satellite qui apparaît au sortir d'une éclipse avec Jupiter quand la planète se situe à une distance minimale de la Terre et quand la distance est maximale. Sachant que «*la différence qu'il y a par rapport à nous entre Jupiter apogée & Jupiter périégée, est très-considérable ; elle est d'environ 66 millions de lieues* ³», nous trouvons bien une vitesse «infiniment» plus grande pour la lumière comparée à celle du son. Pour Paulian, cette vitesse extrêmement grande peut s'expliquer grâce à l'origine même de la lumière: «*C'est à la terrible effervescence qui regne dans le sein du Soleil, que nous devons l'attribuer*». Cependant, Paulian relève que cette conception de la lumière est critiquée par les cartésiens qui soulèvent deux difficultés majeures. La première consiste à dire que si la lumière mettait un temps fini à parcourir l'espace, les emplacements des étoiles fixes ne seraient alors plus associés aux positions qu'elles occupent dans le ciel: «*Donc telle Etoile seroit réellement au Méridien, lorsqu'elle nous paroîtroit à l'horizon*». Mais Paulian n'y voit là aucune contradiction ; pour lui, «*ce ne sera pas donc cette première difficulté qui rendra insoutenable le système de Newton*». La deuxième difficulté sur laquelle les cartésiens se fondent pour rejeter l'idée de l'émission de la lumière est: «*Le Soleil auroit perdu depuis long-tems toute sa substance ; si grandes*

² Observations faites par Römer en 1676. Lire à ce sujet : B. Maitte, *La lumière*, pp. 95-96.

³ Ainsi, en quatorze minutes, le son parcourt 145320 toises du Châtelet tandis que la lumière fait 66 millions de lieues des Postes. Sachant que la lieue des Postes correspond à une distance de 2200 toises du Châtelet, la lumière parcourt donc en 14 minutes une distance de $66000000 \times 2200 = 145200000000 = 1450,2$ milliards de toises du Châtelet soit une distance d'environ un million de fois plus grande que celle parcourue par le son lors d'une même durée (nous avons supposé pour les calculs précédents que Paulian utilisait la toise du Châtelet et la lieue des Postes puisque ces deux unités de mesure étaient les plus en vigueur en France à cette époque).

sont les pertes qu'il auroit faites chaque jour». Cependant, les newtoniens pensent qu'une partie de la lumière perdue est récupérée par un jeu de réflexions dans l'espace céleste, de sorte que le soleil reçoit une partie de la lumière qu'il rejette mais aussi celle provenant des étoiles fixes, ce à quoi Paulian ajoute: *«Ce commerce ne rend-il pas nulle la dissipation de substance dont nous parlent les Cartésiens»*. Sur cette question importante de physique, Paulian complète son article en donnant d'autres opinions existantes⁴ et il ajoute: *«Le Lecteur pourra embrasser celle qui lui paroîtra plus probable que la nôtre»*. Enfin, il ne prend pas la peine de développer la théorie des péripatéticiens sur la lumière qui, selon lui, *«est trop absurde, pourqu'on soit tenté de l'embrasser»*. Cependant, il précise: *«Ils ont prétendu que la lumière n'étoit pas un corps, une substance, mais un pur accident, & que cet accident étoit l'acte du Transparent en tant que transparent. Les comprennent qui pourra»*⁵. Paulian commente le sentiment de Gassendi sur la nature de la lumière qu'il explique être proche de celui de Newton⁶: *«Cet Auteur avance en termes exprès qu'il en est des corps lumineux comme des corps odoriférans»*⁷; *que ces deux espèces de corps envoient de leur sein, les uns à nos yeux,*

⁴ Paulian nous donne les points de vue de Gassendi, Descartes, Rohault, Regis, Lemmonier, Huygens, Privat de Molières et enfin de l'abbé Nollet. A partir de la seconde édition du *Dictionnaire de physique* (1773), nous remarquons que l'avis de Lemmonier n'est plus mentionné et que les longues citations reprises de son ouvrage disparaissent de l'article.

⁵ Notons tout de même que si la théorie d'Aristote sur la lumière avait été aussi absurde que cela, elle aurait été très certainement oubliée depuis longtemps... Gassendi, que pourtant Paulian a lu puisqu'il cite ce philosophe par la suite, donne davantage de précision sur l'explication péripatéticienne: *«A l'égard d'Aristote, il est vray qu'il dit expressement que la lumiere n'est ni feu, ni corps, ni l'écoulement d'aucun corps, mais du reste, il faut avoüer que lors qu'il definit Que la lumiere est l'acte du transparent en tant que transparent, c'est expliquer fort obscurément ; néanmoins, autant que l'on peut conjecturer de ce qu'en ont dis ses Interpretes Philoponus & Simplicius, son sentiment a esté qu'il y a une certaine substance corporelle, & particuliere, repandüe par tout, dont les pores de l'air, & des autres corps tranparens sont toujours remplis, & qui sert comme d'instrument au Soleil, pour faire impression sur l'œil qui est éloigné»*. F. Bernier, *Abrégé de la philosophie de Gassendi*, 1678, t. 2, p. 208.

⁶ Paulian remarque à cet endroit que Newton s'est inspiré de l'ouvrage de Gassendi pour édifier sa théorie sur la lumière: *«Newton avoit bien lû la section première du livre sixième de la Physique de Gassendi sur les qualités des choses»*. A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 2, p. 433.

⁷ Dans son ouvrage, Gassendi explique: *«De plus, il semble qu'on doit icy raisonner sur ce qui touche la veüe, de la même façon que l'on fait à l'égard des autres sens ; & que comme l'Odeur ne se produit point par un pressement de petits corps qui soient auparavant dans l'air, & hors de la chose odoriférante, telle*

les autres à nos narines des corpuscules capables de faire impression sur les organes de la vûe & de l'odorat». Paulian cite alors Gassendi lorsque ce dernier explique comment le soleil peut perdurer tout en subissant des pertes continues dues à l'émission de lumière⁸. Il passe alors aux explications de Descartes⁹ : *«La lumière est une matière très-subtile & très déliée qui est repandue par-tout & qui frappe nos yeux. Cette matière très subtile c'est la matière de son second Elément, la matière globuleuse qui ne vient pas du Soleil à nos yeux, mais que le Soleil pousse, & qui presse nos yeux à peu-près comme un bâton poussé par un bout presse à l'instant l'autre bout. Il concluoit de-là que la lumière est transmise du Soleil à nos yeux en un instant*». Paulian signale que Rohault¹⁰ reprend la théorie de Descartes en l'exposant de *«manière très séduisante*». Partant d'une analogie entre la lumière qui est perçue par l'œil et la douleur que produit une piqûre d'épingle sur la peau, Rohault donne son sentiment sur la nature de la lumière que Paulian reprend dans

que peut estre une pomme, mais plutost par l'émision d'une exhalaison tres subtile, ou de petis corps qui fluent continuellement de la pomme, & passent jusques aux narines ; ainsi la Lumiere ne doit point estre produite par le pressement de quelque substance qui soit repanduë hors du corps lumineux, mais par le moyen de quelque substance qui soit envoyée par le lumineux mesme». F. Bernier, *Abrégé de la philosophie de Gassendi*, 1678, t. 2, p. 215.

⁸ Sur cette difficulté, Gassendi raisonne ainsi: *«L'écoulement corporel estant continu, il tire apres soy cet inconvenient, qui est que l'on ne voit pas pourquoy le Soleil ne se doive pas enfin consumer, ou plutost pourquoy ayant souffert une perte continue depuis le commencement du Monde, il ne se soit déjà pas depuis long-temps dissipé. C'est une difficulté que nous serons obligez de traiter lorsque nous parlerons de la lumiere des Astres, cependant nous pourrons supposer, ce qui se comprendra plus clairement de ce que nous dirons ensuite de la subtilité des images ou especes visibles, sçavoir que le Soleil a toujours perdu quelque chose de sa substance, qu'il en perd continuellement, & qu'il en pourra toujours perdre de mesme sans que la perte en soit sensible, ou se doive reconnoitre si ce n'est apres une longue suite de siecles ; car sans m'arrester à ce que l'on dit, que le Soleil est d'une susbsance toute particuliere, son éloignement peut estre si grand, & sa masse si prodigieuse, que quand il se seroit dissipé de son circuit autant de matiere qu'il seroit necessaire pour que son diamettre devint plus court de cinq cent lieuës qu'il n'est, on ne s'appercevroit pas qu'il eust aucunement diminué: Et l'on peut ajouter que si le Soleil perd quelque chose d'un costé, il le repare entierement, ou à peu pres d'un autre, non seulement par la lumiere qui luy vient des Planetes par reflection, comme par une espece de reflux, mais principalement par celle qui luy vient directement d'un nombre innombrable d'Etoiles fixes, qui font comme autant de Soleils qui se communiquent leur lumiere entre-eux, avec luy*». F. Bernier, *Abrégé de la philosophie de Gassendi*, 1678, t. 2, pp. 220-222.

⁹ Cela avait déjà été exposé dans le résumé du premier tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*.

¹⁰ Paulian parle du *Traité de physique* publié pour la première fois en 1671.

l'article: «Ainsi la lumière primitive consistera dans un certain mouvement des parties du corps lumineux, qui les rend capables de pousser à la ronde la matière subtile qui remplit les pores des corps transparents ; & l'inclinaison à se mouvoir, ou la tendance qu'à cette matière à s'éloigner en ligne droite du centre du corps lumineux, constituera l'essence de la lumière seconde ou dérivée. D'où il est aisé de conclure que la forme du corps transparent consistera dans la rectitude de ses pores, ou plutôt en ce qu'ils le traverseront de tous côtés sans interruption ; au contraire un corps sera opaque, parce qu'il n'aura pas ses pores droits, ou s'il en a quelques-uns, parce qu'il n'en sera pas entièrement & de tous côtés pénétré¹¹ ». Paulian fait remarquer que Régis dans un autre cours de physique¹² suit d'assez près les explications sur la lumière de Rohault en invoquant l'analogie entre le son et la lumière: «Comme le sentiment du son dépend de ce que les corps resonnants froissent l'air, & que l'air froissé, ébranle les nerfs de l'oreille qui excitent dans le cerveau un mouvement qui est institué de la nature pour causer dans l'ame le sentiment du son ; le sentiment de la lumière dépend aussi de ce qu'il y a dans les pores de tous les corps transparents de la matière du second Element qui pénètre les yeux, & qui étant poussée par les corps qu'on appelle lumineux, peut ébranler les petits filets des nerfs optiques de la manière qui est instituée de la nature pour exciter dans l'ame un sentiment de lumière». Paulian en vient alors aux explications que donne Lemmonier¹³ et signale alors: «Il nous paroît en général que quelques uns de ces Phénomènes auroient été mieux placés à la suite de l'Electricité qu'à la suite de la lumière». Cela dit, il approfondit néanmoins le sentiment de cet auteur en le citant de façon conséquente¹⁴. Paulian signale que «l'on trouve dans le Tome de l'Histoire de

¹¹ L'idée des pores droits que reprend souvent Paulian était donc aussi utilisée par Rohault. Lire à ce propos: J. Rohault, *Traité de physique*, 1672, p. 361.

¹² Paulian parle du *Cours entier de philosophie, ou système général selon les principes de M. Descartes* publié par Régis en 1690.

¹³ Les citations de cet auteur que l'on trouve dans l'article proviennent de son *Cours de philosophie* écrit en latin.

¹⁴ Il est à signaler que les citations latines de l'ouvrage de Lemmonier représentent plus de quatre pages du *Dictionnaire de physique* de 1761 alors que cet auteur n'aura même plus place dans l'article «Lumière» de la seconde édition de 1773 ainsi que dans les éditions suivantes. Il semble donc que Paulian, à ses débuts, considère qu'il est important de mentionner l'œuvre de Lemmonier. Cela peut se comprendre sachant que comme le *Cours de philosophie* de Lemmonier, sorti en 1750, était très répandu dans les collèges, Paulian a pu l'utiliser fréquemment lorsqu'il professait au collège jésuite d'Avignon.

*l'Académie Royale des Sciences de Paris, année 1679, page 283 & suivantes le sentiment de M. Huyghens sur la nature de la lumière*¹⁵. Le physicien hollandais y prétend entre autres, explique Paulian, que «*la lumière se répand par ondes dans la matière éthérée infiniment plus subtile & plus agitée que l'air*». Ainsi, Huygens s'oppose à Descartes qui pense que la lumière se propage instantanément. Pour comprendre pourquoi les rayons de lumière se croisent sans se confondre, Huygens suppose «*la matière éthérée beaucoup plus dure & d'un ressort beaucoup plus parfait que l'air*» et il fait alors l'analogie avec des boules de billard alignées que Paulian reprend dans son article: «*Qu'il y ait, disoit-il, plusieurs boules de Billard posées l'une contre l'autre sur une même ligne, & qu'avec une autre boule pareille, on frappe la première de toute la rangée, celle-ci demeurera immobile. Toute la rangée demeurera immobile aussi, excepté la dernière boule qui s'en détachera avec une vitesse égale à celle de la boule qui a fait le choc à l'autre extrémité. Voilà un mouvement qui d'une extrême vitesse a passé d'un bout à l'autre de toute la rangée, en quelque nombre qu'ayent été les boules, sans qu'elles ayent paru se mouvoir le moins du monde, & cette vitesse est d'autant plus grande, que les boules sont plus dures & d'un ressort plus parfait*». Paulian donne encore la réponse de Huygens à la difficulté de son système pour expliquer la propagation rectiligne de la lumière: «*Il est certain qu'un objet lumineux vû par une ouverture, n'est vû qu'entre deux lignes droites tirées par les extrémités du Diamètre de cette ouverture ; & cependant si la lumière se répand par ondes, elle se répand incontestablement hors de cet espace. Mais il est certain aussi que ce qui s'y en répand, ce ne sont plus que des restes particuliers qui ne touchent plus la totale, & ne se touchent les unes les autres ; donc tous les points d'attouchement sont nécessairement compris entre les deux lignes droites menées par les extrémités de l'ouverture, puisque les lignes étant tirées du point lumineux, centre de l'onde totale , & passant par les centres des ondes particulières, elles leur sont perpendiculaires à toutes, & par conséquent vont à leurs tangentes*¹⁶. Paulian fait remarquer que Privat de Molières¹⁷ adopte les explications données par Huygens: «*La lumière ne consiste ni dans*

¹⁵ Notons que Paulian ne choisit pas l'ouvrage de référence de Huygens en la matière, publié en 1690, le *Traité de la lumière*, et préfère mentionner un texte bien antérieur de l'auteur. Remarquons aussi que la quasi-totalité de cette partie sur Huygens reprend mot pour mot le texte original.

¹⁶ Pour plus de précisions sur la théorie de Huygens, lire : B. Maitte, *La lumière*, pp. 162-164. V. Ronchi, *Histoire de la lumière*, 1996 (première éd. 1956), pp. 196-213.

¹⁷ J. Privat de Molières, *Leçons de physique*, 1739, t. 4, pp. 462-473.

une transmission instantanée du mouvement des particules du Soleil jusqu'à nos yeux, contraire à l'expérience ; ni dans une émission inconcevable de ces mêmes particules jusqu'aux extrémités de l'Univers : mais bien dans une transmission successive de ce même mouvement, comme il arrive au son». Paulian signale que Nollet se porte davantage sur le système de Descartes mais qu'il a dû lui faire un grand nombre de corrections dans ses *Leçons de physique expérimentale*¹⁸ sachant que, pour l'abbé, la lumière est «une vraie matière dont l'action peut être plus ou moins forte suivant les circonstances». Paulian explique que Nollet avait pesé «le pour et le contre» avant de se prononcer: «S'il faut prendre un parti entre ces deux opinions, j'avoue franchement que la vraisemblance me détermine pour celle de Descartes. Elle a pourtant ses difficultés que je ne dissimulerai pas ; & je n'y veux souscrire qu'avec les restrictions & les changements que les observations & l'expérience y ont fait faire. Mais avec ces conditions, il me semble qu'on est bien plus à son aise pour concevoir l'origine, la propagation & les effets de la lumière, qu'en supposant des émissions effectives, continuelles & opposées entr'elles». Paulian fait remarquer que Nollet utilise aussi l'analogie avec la propagation du son dans l'air: «Le corps lumineux, de même que le corps sonore, fait passer son action à l'organe par un fluide qui lui sert de véhicule». Nollet cherche alors à préciser quelle est la composition de ce fluide: «Si la lumière brûle & que le feu éclaire, n'est-il pas raisonnable de penser qu'un seul & même élément produit ces deux effets, & que si l'un se voit sans l'autre, c'est que tous les deux ne dépendent pas des mêmes circonstances, quoi qu'ils aient un seul & même principe». De plus, il ajoute que, comme pour le feu, «la lumière est également présente par-tout, au-dedans comme au dehors des corps, & qu'il ne lui manque pour se rendre sensible à nos yeux qu'un certain mouvement & un milieu propre à le transmettre¹⁹».

L'article ne donne pas l'occasion à Paulian de critiquer des théories auxquelles il n'adhère pourtant pas (il adopte un ton relativement neutre). Comme dans le 3^{ème} tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, nous retrouvons un équilibre entre les théories newtoniennes et cartésiennes. Cependant, lorsque l'on compare attentivement l'article

¹⁸ J.-A. Nollet, *Leçons de physique expérimentale*, troisième éd., 1765, t. 5, pp. 4-15.

¹⁹ Relevons que le sentiment de Paulian sur la nature du feu (qu'il ne donne pas ici) est développé dans son système de physique «Newto-Cartésien».

«Lumière» du *Dictionnaire de physique* et la partie concernant la lumière du système «Newto-Cartésien» de Paulian, nous remarquons quelques différences. Dans son système «hybride», Paulian ne veut pas choisir entre un mode de propagation plutôt qu'un autre et préfère donner une explication qui rassemble. Il ne veut pas s'engager sur ce sujet et donne une version qui convient, tout du moins en partie, aux cartésiens et aux newtoniens. Dans le *Dictionnaire de physique*, il en va autrement puisque la prise de position de Paulian se fait grâce à la présentation qu'il donne à l'article. Il ajoute les sentiments de nombreux physiciens sur le sujet dans une seconde partie de l'article sans ajouter de commentaires personnels sur les contenus. Le «sentiment de Newton» apparaît quant à lui dans la définition qui débute l'article²⁰. Paulian définit la lumière en se basant uniquement sur la théorie newtonienne mais sans pour autant se prononcer ouvertement en sa faveur²¹... De plus, lorsqu'il en vient à développer certaines critiques sur la théorie newtonienne, Paulian oublie d'en mentionner une qu'il relate pourtant dans le troisième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*: «Le choc qu'il peut y avoir entre la lumière qui part & celle qui revient, ne doit pas plus inquiéter, mon cher Chevalier, que les pertes donc je viens de vous parler. Et d'abord la plupart des particules lumineuses n'en éprouvent aucun ; elles sont trop subtiles, & elles se meuvent dans un espace trop vuide, pour ne pas aller & revenir avec toute la liberté possible. Mais enfin, ajouterez-vous, il y en a qui se choquent réellement ; que deviennent-elles donc après le choc ? Elles se réfléchissent sur elles-mêmes, pour retourner les unes dans l'atmosphère solaire, les autres vers les Planètes ou vers les Etoiles. La perte infiniment petite que peut occasionner cette réflexion, n'est que trop abondamment réparée par les particules hétérogènes qu'emmenent avec eux les globules lumineux, qui, sans avoir éprouvé aucun choc, reviennent dans l'atmosphère solaire, après avoir éclairé les Planètes & les Comètes»²². Mais pourquoi donc, si la réponse à l'objection cartésienne est satisfaisante,

²⁰ Il est à noter que l'article du *Dictionnaire de physique portatif* (1760) contient uniquement cette première partie et que rien d'autre ne vient contrebalancer la définition newtonienne de la lumière comme Paulian le fait dans l'article du *Dictionnaire de physique* (1761).

²¹ Paulian ne donne pas le sentiment de Newton sur le phénomène comme il le fait pour tous les autres physiciens mais la théorie de Newton est intégrée dans la définition même du phénomène qui commence l'article. Cette manière de procéder indique que Paulian opte, dans ses grandes lignes, pour l'explication newtonienne sans toutefois se prononcer ouvertement en sa faveur...

²² A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 3, p. 79.

Paulian n'en fait pas état dans son l'article du *Dictionnaire de physique* ? Nous pouvons résolument penser que cette réponse ne lui convient pas vraiment ! D'ailleurs, c'est l'un des points faibles de la théorie de l'émission souvent mentionné par les opposants comme Huygens. Ce dernier avait su expliquer la propagation rectiligne dans une théorie ondulatoire de la lumière pour laquelle le problème n'existe pas...

2- L'article «REFRACTION ASTRONOMIQUE»

Paulian débute son article sur les lois qui régissent la réfraction de la lumière puis donne le sentiment de Newton sur la cause physique du phénomène. Pour le savant anglais, l'attraction mutuelle des corps en raison directe des masses intervient et Paulian résume les explications: *«Un rayon de lumière passant de l'air dans le verre est plus attiré par le verre, que par l'air ; parce que le verre est plus dense que l'air ; donc un rayon de lumière reçoit en passant de l'air dans le verre une augmentation de mouvement perpendiculaire²³ ; & ce même rayon de lumière reçoit une diminution de mouvement perpendiculaire, lorsqu'il passe du verre dans l'air. Pourquoi ? Parce que le mouvement d'attraction est un mouvement centripète, & que le mouvement centripète se fait toujours suivant la perpendiculaire ; donc un rayon de lumière qui passe obliquement de l'air dans le verre doit se réfracter en se rapprochant de la perpendiculaire ; & ce même rayon de lumière doit se réfracter en s'éloignant de la perpendiculaire, lorsqu'il passe obliquement du verre dans l'air...Pour le rayon de lumière qui passe perpendiculairement d'un milieu dans un autre, il ne doit souffrir aucune réfraction, quoique ces milieux soient d'une densité différente ; mais il doit se mouvoir plus vite, lorsqu'il passe d'un milieu plus rare dans un plus dense²⁴»²⁵*. Cependant, Paulian relève certains cas particuliers pour lesquels ce qui vient d'être dit n'est plus valable: la lumière est rompue en passant de l'alun dans le vitriol²⁶ (l'angle d'incidence étant

²³ Pour plus de précisions sur la résolution mathématique du phénomène de réfraction dans les *Principia* de Newton, lire : B. Maitte, *La lumière*, p. 124-127.

²⁴ L'on voit ici que l'une des conséquences de la théorie de Newton est l'augmentation de la vitesse de la lumière lorsqu'elle pénètre dans un milieu plus dense.

²⁵ Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 3, pp. 150-158, pour cette citation et les suivantes.

²⁶ L'alun est un sel transparent et le vitriol, l'acide sulfurique.

perpendiculaire à la surface de séparation) alors que les densités de ces deux fluides sont identiques ; la lumière n'est pas déviée en passant de l'huile d'olive dans le borax (avec un angle d'incidence particulier non perpendiculaire à la surface de séparation) alors que le second fluide est beaucoup moins dense ; en passant de l'eau à l'«esprit de Térébentine»²⁷, la lumière arrivant obliquement est réfractée vers la «normale» alors que l'eau est plus dense. Pour répondre à ces difficultés, Paulian explique que Newton *«attribue la force réfractive aux parties sulphureuses dont un corps est composé»*. Par exemple, le vitriol possède bien plus de parties sulphureuses que l'alun et, à densité identique, le vitriol attire plus la lumière que l'alun. Paulian ajoute que tout cela est précisé dans la dixième proposition de la troisième partie du second livre du *Traité d'optique* dont il donne un extrait. Cependant, il n'est pas d'accord avec ce complément d'explication qui ne peut s'accorder, dit-il, avec les lois de la physique: *«Parce que l'attraction se faisant, suivant lui, en raison directe des masses, & la réfraction ayant pour cause l'attraction, l'on est obligé d'avouer, si l'on veut être conséquent, que la force réfractive suit la densité des corps, & non pas le nombre des particules sulphureuses qu'ils contiennent»*. Paulian propose alors une explication qui lui paraît plus convenable: *«J'admets, il est vrai, l'attraction comme la cause de la réfraction ; mais les pores des corps plus ou moins droits, leurs parties plus ou moins lisses, tout cela ne doit-il pas être compté pour quelque chose, & s'il n'entre pas dans la production de cet effet comme Cause, du moins doit-on l'y faire entrer comme condition»*. Il reprend alors les cas particuliers donnés plus haut: la lumière trouve, dans le vitriol, plus de pores droits²⁸ que dans l'alun qui, par conséquent, la ralentie; le borax est beaucoup difficile à traverser pour la lumière que l'huile d'olive ; l'esprit de Térébenthine est plus perméable à la lumière que l'eau. Paulian peut ajouter un corollaire: *«L'explication que nous venons de donner des Phénomènes que nous présente la réfraction de la lumière, est donc fondée sur une Cause physique, & sur les conditions qui nous donnent lieu, tantôt d'apercevoir, tantôt de ne pas apercevoir les effets que produit cette cause physique...Tel est notre système qui n'est dans le fond, comme on le verra bien-tôt, qu'un heureux assemblage du*

²⁷ De nos jours, nous parlons d'essence de térébenthine qui est une huile essentielle issue de la distillation de la térébenthine provenant de l'écorce de pin.

²⁸ Par la suite, nous nous étendrons davantage sur cette conception des pores transmettant la lumière dans les corps.

*Newtonianisme & du Cartésianisme*²⁹. Celui-là fournit la cause ; celui-ci les conditions sans lesquelles la cause Physique ne peut avoir aucun effet sensible». Paulian reprend alors les écrits de l'abbé Nollet qui, dit-il, «a beaucoup mieux expliqué, dans le tome 5^e. de ses *Leçons de physique*, le sentiment de Descartes sur la cause de la Réfraction de la Lumière, que ne l'a fait Descartes lui-même dans le chapitre second de sa *Dioptrique*». Ainsi, poursuit-il, Descartes remarque que la réfraction des corps (par exemple un caillou lancé dans l'eau) se fait de manière contraire à la réfraction lumineuse. La réfraction des corps est due aux frottements différents lors d'un changement de milieu puisque ces mêmes frottements sont proportionnels à la densité du milieu. Les corps sont ralentis en passant d'un milieu moins dense à un milieu plus dense, ce qui les contraint à s'éloigner de la normale. Pour rendre compte de la réfraction de la lumière, il faut logiquement «conclure que plus la densité des corps transparens est grande, plus la lumière y exerce ses mouvemens avec liberté». De plus, poursuit Paulian, «Descartes pour expliquer les Phénomènes de la réfraction de la Lumière, assure que plus un corps diaphane est dense, plus il offre de passages libres au fluide lumineux». Mais pourquoi l'eau qui est plus dense que l'air serait-elle plus perméable à la lumière ? Descartes donne cette réponse: «Une masse d'air est composée de parties rameuses, moins propres à laisser entre-elles des passages en droite ligne, que celles de l'eau qui ont des surfaces lisses, & une figure avec laquelle elles s'arrangent de telle sorte, qu'il en résulte une porosité convenable à la propagation de la lumière». Cependant, continue Paulian, l'abbé Nollet fait remarquer que l'explication précédente n'est plus valable pour des cas particuliers faisant intervenir des liqueurs huileuses (cela a été évoqué plus haut) et que, par conséquent, pour lui la réponse de Descartes «ne peut être reçue que comme une conjecture» qui n'est pas «des plus heureuses». Puis, Paulian ajoute: «C'est à cette occasion que M. l'Abbé Nollet, qu'on n'accusera jamais d'être Newtonien, fait un aveu bien avantageux au Système que nous avons embrassé». Il reprend alors un extrait du *Cours de physique expérimentale* de l'abbé qui montre cela: «Si quelqu'un a pris son parti sur cette manière de philosopher, & qu'il ait une fois pour toutes admis des vertus attractives & répulsives dans la matière, je ne lui conseillerai pas de changer d'avis dans cette occasion: j'avoue que les Newtoniens se tirent assez adroitement d'affaire, lorsqu'il s'agit de rendre raison des différens effets

²⁹ Paulian annonce ici son prochain ouvrage: le *Traité de paix entre Descartes et Newton* qu'il publiera en 1763, soit deux ans après la sortie de la première édition du *Dictionnaire de physique*.

qu'on remarque dans la réfraction de la lumière». Cependant, Paulian précise que Nollet n'aurait pas dû parler «des vertus attractives & répulsives dans la matière» en rendant compte des considérations newtoniennes: «Je ne vois pas qu'il soit nécessaire d'admettre dans la matière des qualités répulsives, pour expliquer les phénomènes que nous présente la réfraction de la lumière. Je ne vois pas aussi qu'aucun vrai Newtonien n'ait jamais admis dans la matière des qualités attractives. Nous reconnoissons, il est vrai, avec Newton des loix d'attraction, mais en même-tems nous les regardons comme des loix générales de la Nature. En un mot nous ne reconnoissons dans les corps attirans aucune qualité attractive qui leur soit intrinsèque». Pour finir l'article, Paulian commente le sentiment de Lemonnier sur la réfraction qui est très proche de celui de Newton qui attribue la «réfraction à la densité & à la rareté des milieux». Paulian ajoute que Lemonnier «explique cet effet d'une manière beaucoup moins physique» et il donne une longue citation de l'ouvrage. Cependant, Paulian n'est pas satisfait des explications données: «Je ne doute pas que M. le Monnier n'ait parfaitement bien compris sa pensée ; mais j'ajoute qu'il n'a pas eu le talent de se faire comprendre...Le sentiment de M. le Monnier sur la réfraction de la lumière, est au moins un sentiment dans lequel on ne dit que le fait, sans apporter aucune Cause physique de ce Phénomène».

En regardant ce qui est dit dans le troisième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, nous nous apercevons que les explications données sont identiques à celles contenues dans cet article du *Dictionnaire de physique*. Paulian mélange l'explication newtonienne (faisant intervenir l'action attractive de la matière) et une vague explication venant de Descartes³⁰ (faisant intervenir les pores de la matière). Néanmoins, avec le *Dictionnaire de physique*, nous comprenons mieux pourquoi Paulian procède de la sorte : le complément d'explication que fournit Newton pour certains cas particuliers de réfraction ne lui convient pas. Il faut dire que Newton n'est pas vraiment convaincant lorsqu'il exprime son idée dans la dixième proposition de la troisième partie du livre II du

³⁰ «Les Cartésiens fondés sur un texte assez obscur de Descartes ont recours à la différence des pores que la lumière est obligée de traverser, lorsqu'elle passe d'un milieu dans un autre. Si la lumière, disent-ils se réfracte en s'approchant de la perpendiculaire, lorsqu'elle se rend obliquement de l'air dans l'eau, c'est qu'elle trouve dans ce dernier fluide des pores beaucoup plus droits, que dans le premier». (A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 3, p. 119.) Rappelons ici que l'idée avait été développée par Rohault.

Traité d'optique : «Ainsi donc par la TABLE précédente tous les Corps semblent avoir leurs forces refringentes proportionnées à leurs densités, ou à fort peu de chose près, excepté entant qu'ils ont plus ou moins de parties sulphureuses & huileuses ; ce qui rend leur puissance refringente plus ou moins forte. Sur quoi il semble qu'on soit en droit d'attribuer le pouvoir refringent de tous les Corps principalement, sinon entièrement, aux parties sulphureuses en quoi ils abondent. Car il y a grande apparence que tous les Corps abondent plus ou moins en souffres. Et comme la Lumière réunie par un Miroir ardent plus fortement sur les Corps sulphureux, les convertissant en feu & en flamme ; de même puisque toute action est réciproque, les souffres doivent agir plus fortement sur la Lumière»³¹. Pour remplacer l'explication précédente de Newton pour quelques cas particuliers, Paulian reprend la conception de la matière faite de divers pores. Cependant, cette conception de la structure de la matière ne repose sur aucune preuve tangible et Paulian ne peut fournir ne serait-ce qu'une seule expérience allant dans le sens de l'observation ou de la détection directe ou indirecte de ces types de pores dans la matière. Ces allégations sur la structure de la matière ne sont donc qu'un artifice sur lequel Paulian se repose pour donner l'illusion de maîtriser son sujet³². Il est à noter que, dans l'article «Réfraction astronomique» du *Dictionnaire de physique portatif* (1760), Paulian s'attarde moins sur les «détails scientifiques» et donne l'explication de Newton sans mentionner les cas particuliers problématiques: «Newton a trouvé dans l'attraction mutuelle des corps la cause Physique de la réfraction de la lumière»³³. De plus, il ajoute à ce court article: «Les corps solides, je le sçais, suivent dans leurs réfractions, des loix opposées à celles que suit la lumière ; mais je n'en suis pas surpris ; les corps solides traversent les fluides, en séparant leurs molécules les unes d'avec les autres ; la lumière au contraire traverse les fluides en passant par leurs pores ; donc les corps solides doivent perdre beaucoup de leur mouvement en passant d'un milieu plus rare dans un plus dense, tandis que la lumière dans cette occasion-là même augmente son mouvement ; donc les corps solides

³¹ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 324-325.

³² Signalons que Paulian reprend des explications qui avaient été développées auparavant par le physicien Danois Bartholin Erasmus. Ce dernier souhaitait aboutir à une géométrisation de tous les phénomènes de la nature suivant la pensée de Descartes. Sur cela, lire l'article «Mathesis universalis» de Frédéric de Buzon dans: M. Blay et R. Halleux (éd.), *La science classique, XVIe-XVIIIe siècle, Dictionnaire critique*, 1998, pp. 610-621.

³³ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique portatif*, 2^{ème} éd., 1760, p. 313, pour cette citation et la suivante.

doivent dans leurs réfractions suivre des loix opposées à celles que suit la lumière». Relevons que cette partie n'est plus mentionnée dans l'article du *Dictionnaire de physique*. Cela se comprend très bien: l'explication donnée, contrairement à ce que l'on pourrait croire, ne provient pas de lui mais elle est tirée du deuxième discours de la *Dioptrique* de Descartes comme nous l'avions vu en examinant le premier tome du *Traité de Paix entre Descartes et Newton*. Ainsi, nous comprenons que Paulian, dans son *Dictionnaire de physique* qui doit être plus rigoureux d'un point de vue scientifique, ne peut se permettre de placer à la suite de l'explication newtonienne, un complément de compréhension qui provient de Descartes...

3- L'article «*DIAPHANE*»³⁴

Avant d'examiner d'autres articles du *Dictionnaire de physique* qui traitent des divers effets que la matière³⁵ produit sur la lumière, examinons l'article «Diaphane» qui donne le sentiment de Paulian sur la structure de la matière. Il débute ainsi l'article: «On nomme communément corps diaphanes ou transparens ceux dont les pores droits,

³⁴ Remarquons que ce mot diaphane provient de la physique d'Aristote mais qu'il est devenu, au cours du temps, un mot courant synonyme de transparent. Pour en savoir plus sur la signification du diaphane d'Aristote nous pouvons lire les commentaires sur le sujet dans plusieurs ouvrages plus ou moins récents: *La lumière* et *l'Histoire de l'arc-en-ciel* de B. Maitte, *Lumières sur les couleurs* de M. Blay ou encore *Histoire sur la lumière* de Vasco Ronchi. Ainsi, selon Jean Rosmorduc parlant d'Aristote: «Ce qui l'intéresse, ce n'est pas la lumière en elle-même, mais la vision. Il s'interroge donc sur les mécanismes de cette sensation, comme sur celui de l'ouïe. Le son est, dit-il, le résultat d'une vibration de l'air. Par analogie, il semble en déduire que la lumière provient, elle aussi, d'une vibration. Mais de quel milieu ? On peut éventuellement interpréter le texte d'Aristote en concluant que ce milieu est ce que le philosophe baptise diaphane. Il serait certainement abusif de qualifier de «milieu» le diaphane aristotélicien. Par ailleurs, que signifie pour lui le terme «vibre», si tant est que le mot français traduise fidèlement l'expression grecque utilisée ? Pour le moins, il nous faut conclure que la lecture des thèses d'Aristote au sujet de la lumière et de la vision est entachée d'une forme d'incertitude». J et V, *Les révolutions de l'optique et l'œuvre de Fresnel*, 2004, pp. 9-10.

³⁵ A noter ici, que les mots matière et corps ont le même sens pour Paulian: «Les Physiciens appellent matière ou corps toute substance longue, large & profonde». A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 1, p. 527.

nombreux & disposés en tout sens donnent un passage libre à la lumière ; on nomme au contraire corps opaques ceux qui ne la transmettent pas³⁶. Si, en parlant de la sorte, l'on ne prétend désigner que le fait ; je ne vois pas ce qu'il peut y avoir à reprendre dans ces expressions. Mais si l'on prétend donner par-là la cause de la transparence & de l'Opacité des corps, l'on a tort de vouloir décider en deux mots deux questions aussi embrouillées»³⁷. A ce sujet, nous avons vu que Paulian reprend les explications de Pluche qui, soit disant, utilise le contenu du *Traité d'optique*: «En voilà assez pour prouver que Mr. Pluche a tiré de l'Optique de Newton son système sur la transparence & l'opacité des corps. Corollaire. Un corps diaphane est donc un corps composé de couches homogènes, percé de pores droits, nombreux, disposés en tout sens ; & qui, outre la lumière, contient dans ses pores & dans ses intervalles qui séparent ses couches, un fluide à peu-près aussi dense que lui». Cependant, ces explications sur la transparence et l'opacité de la matière ne proviennent pas de Newton mais s'en inspirent que très vaguement. Pour s'en rendre compte, il suffit d'examiner les quatre premières propositions de la troisième partie du second livre du *Traité d'optique*. Ainsi, concernant la transparence des corps, Newton remarque: «Ainsi donc la raison pourquoi les Milieux uniformes transparents (comme l'Eau, le Verre, ou le Crystal) n'ont pas de Reflexion sensible que dans leur surface extérieure par où ils touchent d'autres Milieux dont la densité diffère de la leur ; c'est parce que toutes leurs contiguës n'ont qu'un seul & même degré de densité». Le savant anglais explique encore que «l'opacité des Corps vient de la multitude des reflexions qui se font dans leurs parties intérieures»³⁸ et qu' «entre les parties des Corps opaques & colorés, il y a plusieurs Espaces ou Vuides, ou remplis de milieux dont la densité est différente de celle de ces parties». Pour finir, il ajoute: «Pour que les Corps soient opaques & colorés, il ne faut pas que leurs parties & leurs interstices passent en petitesse une certaine grosseur déterminée». Nous voyons donc que la représentation de la structure de la matière n'est pas la même pour Newton et pour Paulian. Pour ce dernier, la matière transparente est faite de «couches homogènes» séparées par des fluides dont les densités s'apparentent à celles des couches où se trouvent

³⁶ Ici, nous voyons que Paulian décrit la structure interne que présente un corps transparent mais ne le fait pas pour le corps opaque.

³⁷ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 1, pp. 523-527, pour cette citation et la suivante.

³⁸ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 287-290.

de nombreux pores diversement orientés dans l'espace. Ainsi, avec la représentation de Newton, la matière diaphane peut tout à fait être traversée, alors qu'avec la description de Paulian, ce cas de figure est bien plus difficile à imaginer: la lumière pénètre uniquement des pores (droits) et il y a toutes les chances qu'elle «percute» des parties de la matière, empêchant alors la traversée. Pour finir, avant d'examiner l'article «Réflexion» du *Dictionnaire de Physique*, nous constatons que Paulian modifie à sa convenance la description de la matière que donne Newton dans son *Traité d'optique*. Il ne fait intervenir des couches hétérogènes en densité dans la matière que pour faire croire à son lecteur que l'explication est tirée du système de Newton. Enfin, tout porte à croire que Paulian procède de la sorte pour critiquer plus facilement l'explication de la réflexion de la lumière qui fait appel à une action à distance ³⁹.

Signalons ici que les autres effets de la lumière ne font pas partis du système sur la lumière exposé dans le troisième tome du *Traité de paix entre Descartes*. Paulian limite donc son système sur la lumière à son mode de propagation et à sa réfraction. Nous pouvons penser que les autres phénomènes lumineux lui posent plus ou moins de problèmes et qu'il préfère ne pas les mentionner dans son système «Newto-Cartésien».

³⁹ Rappelons que, dans le deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian mentionne la cause newtonienne de la réflexion de la lumière avant de donner l'explication de la transparente et de l'opacité des corps, ce qui ne suit pas l'ordre chronologique des différentes propositions de Newton dans le *Traité d'optique*.

4- L'article «REFLEXION»

Paulian explique ce que représente, pour lui, la réflexion⁴⁰ : «C'est l'action par laquelle un corps se détourne de sa première direction, lorsqu'il rencontre sur sa route un corps qui lui refusant le passage, le force à rebrousser chemin»⁴¹. Il précise encore que cet effet, simple en apparence, est difficile à comprendre pour de nombreux de physiciens. Selon lui, il n'y a pourtant aucun doute à avoir: la cause de la réflexion n'est autre que le «Ressort, & le Ressort seul»⁴². Il donne ensuite différentes propositions générales⁴³ concernant les réflexions des corps, puis, donne les sentiments d'autres physiciens contraires au sien. Ainsi, après avoir donné l'avis de Lemmonier⁴⁴ dans une longue citation, il en vient au sentiment de Newton sur la cause physique de la réflexion

⁴⁰ Il est à noter que l'article «Réflexion» du *Dictionnaire de physique portatif* de 1760 est très laconique comparé à celui du *Dictionnaire de physique*: «Le mouvement de réflexion a pour cause l'élasticité des corps dont nous avons parlé fort au long en son lieu». (A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique portatif*, 2^{ème} éd., 1760, p. 312.) Nous pouvons penser que la réflexion est un sujet pour lequel Paulian ne s'avance pas trop car c'est un point de physique qui peut prêter à polémique. Il s'agit donc de rester prudent dans cet ouvrage qui s'adresse à un très large public d'étudiants et d'amateurs.

⁴¹ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 3, pp. 142-148, pour cette citation et les suivantes.

⁴² A cet endroit, Paulian précise que pour lire la suite de son article, il est préférable d'avoir lu auparavant les articles «Dureté» et «Elasticité». Ainsi, dans l'article «Elasticité» du *Dictionnaire de physique* de 1761, Paulian développe sa pensée concernant la cause physique de l'élasticité: «Nous la trouverons vraisemblablement dans une matière beaucoup plus déliée que l'air que nous respirons, & dont nous avons fait la description dans l'article de la matière subtile Newtonienne. Voici comment cette matière cause le ressort des corps. Prenez un corps élastique, par-exemple, une lame d'acier ; courbez-la en forme d'arc ; vous élargissez les pores de sa surface convexe, & vous rétrécissez ceux de sa surface concave. La matière subtile Newtonienne qui fait tous ses efforts pour passer par les pores rétrécis, les rouvre, & c'est en les rouvrant qu'elle rend à la lame sa première figure. On pourroit encore dire que cette matière subtile en coulant d'une extrémité à l'autre, remet la lame dans son premier état». (A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 2, p. 11.) Après avoir donné les règles du mouvement pour les chocs entre corps élastiques, il expose les idées de Descartes, Gassendi, Desaguliers et Lemmonier sur les causes de l'élasticité des corps.

⁴³ Paulian imagine simplement le corpuscule de lumière se réfléchissant à l'image d'une balle rebondissant sur une paroi.

⁴⁴ Notons que le sentiment de Lemmonier sur la réflexion n'est plus du tout mentionné dans les éditions ultérieures du *Dictionnaire de physique* et Paulian, comme pour l'article «Lumière», choisit d'ignorer l'avis de ce physicien.

des corps: «*Newton attribue la réflexion des corps, & sur-tout la réflexion de la lumière à des loix que le Créateur a établies, & dont il ne prouve pas aussi bien l'existence qu'il l'a fait pour les loix de l'attraction. Ce physicien ne veut pas par-conséquent que les corps soient réfléchis par les parties propres des surfaces sur lesquelles ils tombent*». Pour preuve, Paulian relève quelques extraits pris dans la huitième proposition de la troisième partie du second livre du *Traité d'optique* ainsi que dans la 31^{ème} question de l'ouvrage⁴⁵. Paulian développe une fois encore les idées de Nollet sur cet autre point d'optique : «*M. l'Abbé Nollet, quelque éloigné qu'il soit du sentiment de Newton, n'attribue pas la réflexion des corps, & surtout la réflexion de la lumière, aux parties propres de la surface qu'elle rencontre*». Nollet pense que les objets sont vus grâce à l'intermédiaire d'un fluide répandu dans tout l'univers aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur des corps: «*[Il] se représente les globules de la lumière comme enchassés & fixés dans les pores des corps réfléchissants...& il veut que la surface la plus dense ait encore plus de particules lumineuses qu'elle n'a de particules de matiere propre*». Aux dires de Paulian, l'abbé fournit l'explication suivante au phénomène de réflexion de la lumière: les filets de lumière, animés d'un mouvement de vibration et orientés vers un corps réfléchissant,

⁴⁵ Dans l'article «Elasticité» du *Dictionnaire de physique*, Paulian remarque, qu'en plus de la 31^{ème} question : «*On trouve dans l'Optique de Newton plusieurs autres textes qui paroissent prouver que ce Physicien admettoit non-seulement des règles générales d'attraction, mais encore des règles générales de répulsion*». (A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 2, p. 22, pour cette citation et la suivante). Toujours dans cet article, Paulian explique que Desaguliers se fonde sur les dires de Newton pour donner la cause de l'élasticité. Ainsi, selon Paulian, Desaguliers écrit ceci dans la deuxième note de la sixième leçon de son *Cours de physique expérimentale*: «*Les Philosophes doivent tâcher de tirer l'Elasticité de l'Attraction ou de la Répulsion, ou de toutes les deux. On a observé que les mêmes particules qui se repoussent mutuellement avec force, attirent avec beaucoup de force les autres particules, comme on le voit dans les dissolutions chymiques, & sur-tout dans la dissolution & précipitation alternative des métaux dans les menstrues acides. Le ressort de l'air paraît ne consister que dans la force répulsive de ses particules, qui ne se touchent pas mutuellement pendant que l'air est en ressort ; & si l'on approche ces particules l'une de l'autre de plus en plus, l'effet de leur force répulsive augmentera, parce que le ressort de l'air est toujours proportionnel à sa densité produite par la compression ; & cette propriété se maintiendra, quoique le corps soit conservé, un an ou deux dans cet état*». Cependant, après avoir vérifié cette note de Desaguliers, tout ce qui est dit précédemment n'est pas indiqué. Il fait donc dire à Desaguliers ce qu'il veut pour mieux réfuter l'idée d'une force répulsive dans la nature.

rebondissent sur les globules *lumineux* se trouvant à la surface du corps⁴⁶. Toujours selon Paulian, Nollet ajoute: «*Je conçois que les parties sur lesquelles ils agissent, ayant un degré de ressort semblable au leur, les répercutent & les renvoient mieux, que ne pourroit jamais faire la matière propre de la surface à laquelle elles appartiennent*». Ainsi, pour Nollet, les chocs entre globules identiques permettraient une meilleure continuité du mouvement lumineux lors d'une réflexion. Enfin, Paulian donne ce dernier extrait de l'ouvrage de Nollet: «*La lumière éteinte, & fixée à l'embouchure des pores, qui s'anime par l'action même des rayons qui la touchent & dont la réaction se fait remarquer quand le mouvement qu'elle reçoit ne peut passer plus loin*».

Nous voyons avec cet article que Paulian rejette l'explication newtonienne de la réflexion. Il croit que l'action à distance n'intervient pas dans ce phénomène. A partir de là, il pense que la réflexion de la lumière est due à l'élasticité (ou au ressort) de ses corpuscules⁴⁷. Pour lui, ces derniers frappent contre des parties⁴⁸ de matière et

⁴⁶ Voici ce que dit exactement Nollet sur ce point de physique: «*La lumière n'est donc réfléchie, que quand elle tombe sur des globules de son espèce, rangés & arrêtés dans une surface, de manière que l'action qui leur est communiqué, ne puisse, ni passer plus loin, ni être amortie par quelque cause particulière provenant de la nature ou de l'état actuel du corps qui les contient ; & comme en cela le tout ou rien n'a jamais lieu, on peut dire qu'il n'y a aucune surface qui réfléchissent parfaitement toute la lumière qu'elle reçoit, comme il n'y en a point non plus d'où il n'en puisse revenir un peu*». (J.-A. Nollet, *Leçons de physique expérimentale*, troisième éd., 1765, t.5, pp. 149-150.) Remarquons que Nollet fait ici référence à la réflexion partielle à la surface du dioptré (l'intensité de ce rayon de lumière est faible comparée à celles des rayons incident et réfracté), phénomène bien embarrassant que Newton ne traite pas dans son *Traité d'optique*... L'étude des intensités lumineuses ne débutera vraiment qu'à partir des travaux de Pierre Bouguer qui font l'objet d'un ouvrage intitulé, *Essai d'optique sur la gradation de la lumière* (1729), puis encore avec Jean-Henri Lambert qui écrit sur le sujet, *Photométrie ou de la mesure et de la gradation de la lumière, des couleurs et de l'ombre* (1760). Il faudra attendre le début du 19^{ème} siècle avec Malus pour voir des travaux de physique s'intéresser de prêt aux réflexions partielles.

⁴⁷ Dans le troisième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian s'étend davantage sur ce point après avoir donné la cause du ressort de l'air: «*Il est de même de la lumière. Si ce fluide est infiniment plus subtil, que celui que nous respirons, il sera rendu élastique par des tourbillons infiniment plus petits, que ceux qui produisent le ressort de l'air. N'avons-nous pas admis dans la lettre sixième autant d'espèces de tourbillons, qu'il y a de différens ordres d'infiniment petits ? L'on pourroit enfin demander quelle est la cause de l'élasticité des tourbillons dont nous venons de parler. Je ne crois pas que l'on puisse en assigner d'autre, que la force centrifuge de chacun des globules, que nous avons placés à la circonférence ; elle me*

rebondissent après contact. La seule autre explication qu'il reprend dans l'article est celle de Nollet qui, bien qu'elle soit différente de la sienne, fait toujours intervenir des actions de contacts... De plus, comme nous l'avons dit dans l'article précédent, Paulian cherche à éluder certaines difficultés au sujet de la réflexion lumineuse que Newton avait pourtant développées dans la huitième proposition de la partie III du livre II du *Traité d'optique*. Pourquoi la réflexion n'est-elle pas directement proportionnelle à la densité du milieu ? Un milieu dense a pourtant davantage de parties solides contre lesquelles la lumière peut rebondir... Newton donne différents résultats d'expériences qui montrent que cela ne se passe pas toujours ainsi: *«Dans le passage de la Lumière du Verre dans l'Air, il se fait une Reflexion aussi forte que dans son passage de l'Air dans le Verre, ou plutôt un peu plus forte, & de beaucoup plus forte encore que lorsqu'elle passe du Verre dans l'eau... Si la lumière passant du Verre dans l'Air tombe plus obliquement que selon un angle de 40. ou 41. degrés, elle est totalement reflechi»*⁴⁹. De même, explique-t-il: *«Si les Couleurs produites par un Prisme placé près d'un trou par où un Trait de Lumière entre dans une Chambre obscure, sont jetées successivement sur un second Prisme placé plus loin du Trou que le premier, de sorte que toutes les incidences soient égales à une égale obliquité ; ce second Prisme pourra être tellement incliné aux Rayons incidents, qu'il reflechira tous les Rayons Bleus, tandis que les Rouges passeront à travers en assez grande abondance. Or si la Reflexion est causée par les parties de l'Air ou du verre, je voudrois bien sçavoir pourquoi, à la même obliquité d'incidence, tous les Rayons Bleus donneroient sur ces parties d'où ils seroient conséquemment tous reflechis, tandis que les Rouges ne laisseroient pas de trouver assez de pores pour être transmis en grande quantité»*. Newton reprend les observations faites sur les bulles de savon et les lames minces: *«Si la Reflexion étoit causée par les parties des Corps reflechissants, il seroit*

paroît assez physique, pour que, dans une matière si obscure que celle-ci, tout homme raisonnable doive s'en contenter. En tout cas quiconque ne sera pas content de mes conjectures sur la cause du ressort, peut se mettre l'esprit à la torture pour en chercher d'autre. S'il en trouve de plus raisonnables que les miennes, je lui promets d'être un des premiers à les adopter». A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 3, pp. 107-108.

⁴⁸ Paulian ne dit rien sur les caractéristiques physiques des parties de matière (dures, molles...) heurtées par la lumière et nous ne pouvons donc pas approfondir cette question.

⁴⁹ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 307-311, pour cette citation et les suivantes.

impossible que dans un seul & même endroit les Plaques minces, où les bulles, réfléchissent les Rayons d'une Couleur, & laissassent passer ceux d'une autre Couleur, comme il arrive suivant la treizième & la quinzième Observation. Car on ne sauroit comprendre comme le hazard peut faire que dans un même endroit les Rayons qui, par exemple, produisent du Bleu, frappent contre les parties d'un Corps ; & que les Rayons qui produisent du Rouge, viennent à rencontrer les pores de ce même Corps ; & qu'ensuite dans un autre endroit où le Corps est, ou un peu plus épais, ou un peu plus mince, le Bleu aille au contraire donner dans les Pores, & le Rouge sur les parties de ce Corps». Enfin, s'interroge Newton, comment expliquer que la réflexion lumineuse se fasse selon une loi géométrique simple (l'angle d'incidence est égale à l'angle de réflexion) alors que les surfaces des corps sont faites d'aspérités qui devraient renvoyer les rayons en tous sens ? Devant l'étendue de toutes ses complications, Paulian garde le silence sur cette partie de l'œuvre de Newton qui met à rude épreuve la conception classique de la réflexion lumineuse qu'il défend. Pour essayer de contrer ce rejet très argumenté de l'interprétation qu'il donne au phénomène, Paulian incorpore quelques éléments newtoniens lorsqu'il décrit la constitution des corps transparents et opaques. Il assemble la matière en différentes couches séparées par un fluide. De là, il fait intervenir les différences de densités entre le fluide qui sépare les couches et celui remplissant les pores de la matière. Cependant, cet apport ne sert en rien la théorie sur la réflexion que défend Paulian: la lumière percute ou pas les parties de la matière et les fluides intérieures quelques soient les densités n'interviennent aucunement sauf à faire croire, comme le veut assurément Paulian, que l'idée est tirée de l'optique de Newton... Cela amène Newton à défendre l'idée d'une action à distance entre la matière et la lumière pour expliquer le phénomène de la réflexion. Pour finir, nous voyons que la théorie de Newton sur la réflexion ne peut se passer d'un examen attentif de l'enchaînement explicatif qui conduit le savant à se prononcer pour une action à distance. Pour cela, il est essentiel de suivre l'ordre chronologique de ses propositions. En ne respectant pas cela, Paulian ignore l'argumentaire expérimental qu'apporte Newton pour rejeter l'explication de la réflexion par des chocs. Il déstructure la pensée de Newton pour la montrer sous une forme simple en apparence lui permettant alors plus aisément de la rejeter.

5- L'article «COULEURS»

Paulian fait remarquer que «l'explication des couleurs est un des points où triomphe la Physique de Newton»⁵⁰ et il donne quelques notions d'optique à connaître absolument avant d'entrer dans le vif du sujet comme par exemple: «La lumière est un assemblage de particules de matière infiniment déliées & presque infiniment petites, que les corps lumineux envoient en ligne droite avec une vitesse incompréhensible». Après cette introduction, il expose le système de Newton sur les couleurs qui est constitué de plusieurs principes⁵¹ (Paulian en relève douze). Ainsi, la lumière est composée de parties différentes, les rayons⁵² de lumière sont constitués de sept couleurs primitives, chaque rayon coloré a une réfrangibilité et une réflexibilité⁵³ différentes des autres rayons

⁵⁰ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 1, pp. 441-470, pour cette citation et les suivantes.

⁵¹ Pour ne pas répéter ce qui a déjà été dit en résumant le *Traité d'optique*, nous n'examinerons que quelques propositions reprises par Paulian dans l'article

⁵² Nous employons ici et par la suite le mot rayon dans le sens de Newton tel qu'il l'explique dans la première définition du *Traité d'optique*: «Par Rayons de Lumiere, j'entens ses moindres parties, tant celles qui sont successives dans les mêmes lignes, que celles qui sont contemporaines en différentes lignes. Car il est évident que la Lumiere est composée de parties successives & de contemporaines: puisqu'en un même endroit on peut arrêter celle qui vient dans un certain moment, & laisser passer celle qui vient immédiatement après, comme on peut l'arrêter dans un certain endroit, & la laisser passer en même temps dans un autre ; cette partie de Lumiere qu'on arrête, ne pouvant être la même que celle qu'on laisse passer. Or la moindre partie de Lumiere qui peut être arrêtée seule sans le reste de la Lumiere, ou qui peut s'étendre seule, ou faire, ou souffrir toute seule quelque chose, à quoi le reste de la Lumiere n'a aucune part ; c'est ce que j'appelle un Rayon de Lumiere». (I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} Trad. française, 1722, p. 2.) Nous voyons donc que, dès le début de son ouvrage, Newton se situe dans le cadre d'une lumière faite de corpuscules puisque, pour lui, «cette partie de Lumiere qu'on arrête, ne pouvant être la même que celle qu'on laisse passer»...

⁵³ La notion de réflexibilité des Rayons est abordée par Newton au début du *Traité d'optique* lorsqu'il donne les définitions à connaître. Ainsi dans la troisième définition, il explique: «La réflexibilité des Rayons, est leur disposition à être reflechis ou renvoyés du Milieu, sur la surface duquel ils tombent, dans le Milieu d'où ils sont partis ; & les Rayons sont plus ou moins reflexibles, selon qu'ils sont renvoyés avec plus ou moins de facilité». Et, il ajoute à cette définition : «Ainsi lorsque la Lumiere passant du Verre dans l'Air, & que venant à être inclinée de plus en plus sur la surface commune du Verre & de l'Air, elle commence enfin à être entièrement reflechie par cette surface : ceux de ces Rayons, qui à égales Incidences sont reflechis en plus grande quantité, ou qui en augmentant d'inclinaison commencent plutôt à être totalement reflechis, sont les plus reflexibles». I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 3-4.

colorés. A propos des différentes réfrangibilités des rayons colorés et reprenant les explications lues dans la 29^{ème} question du *Traité d'optique*, Paulian précise que cela est causé par les masses différentes des corpuscules de lumière. Il raisonne ainsi: *«Le rayon rouge a plus de masse que les 6 autres rayons, donc il est moins réfrangible qu'eux...Le rayon rouge a autant de vitesse que les 6 autres rayons, puisqu'il emploie comme eux 7 à 8 minutes à parcourir l'espace qui se trouve entre le Soleil & nous ; donc si le rayon rouge a plus de masse, il doit avoir plus de force ; car la force n'est que le produit de la masse par la vitesse⁵⁴. Mais si le rayon rouge a un excès de force sur les autres rayons, la cause de la réfraction, quelle qu'elle soit, doit avoir plus de peine à faire quitter à ce rayon la ligne qu'il parcourt, qu'elle n'en a à faire changer de direction aux autres ; donc, si le rayon rouge a un excès de force sur les autres, il doit avoir moins de réfrangibilité qu'eux»*. Paulian ajoute alors: *«Telle est donc la cause Physique de la différente réfrangibilité des rayons de lumière»*. Il en vient alors aux multiples réflexibilités des rayons de lumière (le rayon violet étant le plus réflexible et le rouge, le moins) dont la cause physique est, pour lui, tout autre: *«Cette différente réflexibilité leur vient sans doute de leur différente figure. Les corps les plus réflexibles que nous connoissons étant ceux qui ont le plus de sphéricité & un poli plus parfait, n'avons-nous pas droit de conclure que les particules qui composent le rayon violet, sont plus rondes & plus polies que celles qui composent les 6 autres rayons ? »* Paulian explique encore que *«la réflexion d'un seul rayon primitif est la cause des couleurs primitives»* et que *«les couleurs que l'on nomme secondaires sont formées par la réunion des différens rayons primitifs»*. Enfin, pour vérifier la validité de son système sur les couleurs, il veut le confronter avec des expériences bien connues qu'il ordonne ainsi: *«Nous mettrons dans la première classe les expériences que Newton a faites sur la lumière. La seconde classe contiendra celles qu'il a faites sur les objets colorés. Le mélange des liqueurs nous fournira les expériences de la 3^e classe. Enfin le mélange des rayons primitifs nous donnera celles de la quatrième»*. Les quatre expériences de la première classe utilisant un ou plusieurs prismes ne font que répéter les propos du début de l'article sur le système de Newton. Certaines expériences de la seconde classe aboutissent à des conclusions de Paulian sur les causes des couleurs des objets. Ainsi, la première expérience décrit un

⁵⁴ Signalons ici que Paulian définit la quantité de mouvement et non la «force» qui n'entrerait en jeu que pour une variation de la vitesse du corpuscule (accélération non nulle).

drap rouge qui, par réflexion, paraît d'une couleur «*rouge écarlate*» lorsqu'il est éclairé avec de la lumière rouge obtenue grâce au prisme. Paulian donne l'explication suivante: «*Lorsque ce drap est mis dans la lumière composée, telle la lumière ordinaire qui nous vient directement du Soleil, il paroît rouge, parce que sa surface réfléchit principalement les rayons rouges, & qu'elle absorbe la plûpart des autres rayons ; donc ce drap étant mis dans un lieu où il ne peut réfléchir que les rayons rouges, doit paroître encore plus rouge ; donc il doit paroître d'un rouge éclatant*». La deuxième expérience montre qu'un drap violet éclairé avec de la lumière rouge paraît «*d'un rouge faible*». Paulian interprète cette autre expérience de la sorte : «*La surface de ce drap est composée de pores & de parties solides ; ses pores absorbent tous les corpuscules rouges qui tombent sur leur ouverture, & ses parties solides réfléchissent tous ceux qu'elles reçoivent ; donc un drap teint en violet & mis dans la lumière rouge du Soleil, doit paroître rouge, mais d'un rouge foible*». De plus, il précise que Newton se sert des expériences précédentes pour montrer que «*les couleurs des rayons primitifs sont inaltérables, ou pour mieux dire, leur sont essentielles*»: un rayon coloré qu'il soit réfracté ou bien réfléchi gardera toujours sa couleur primitive. Une troisième expérience fait intervenir une mince lame d'or qui n'a pas la même couleur lorsqu'elle est observée par transmission ou par réflexion. Paulian pense que la feuille d'or possède des pores qui laissent passer les rayons verts et qu'elle est constituée de parties solides qui réfléchissent principalement les rayons jaunes. Il ajoute encore qu'«*il y a des feuilles d'or dont les pores droits laissent passer une grande quantité de rayons bleus, & qu'elles paroissent bleues, lorsque le Spectateur les met entre ses yeux & le Soleil* ⁵⁵». Il cite alors la 10^{ème} proposition de la première partie du premier livre du *Traité d'optique* où Newton mentionne aussi cette observation. Il relève une quatrième expérience: un verre rouge est disposé sur le trou où pénètre la lumière dans une chambre obscure. Les objets éclairés dans la chambre paraissent tous rouges et Paulian explique pourquoi: «*Le Verre rouge est un corps à-demi diaphane dans lequel on doit distinguer des parties solides, des pores droits & des pores obliques. Les parties solides d'un verre rouge réfléchissent sur-tout les rayons rouges qui tombent sur leur surface; ses pores droits laissent passer principalement les rayons rouges qu'ils*

⁵⁵ Nous pouvons conjecturer que si la feuille d'or n'est pas assez fine, elle n'est pas vue bleue par transparence mais verte puisque la lumière que reçoit l'observateur se compose alors d'une lumière «bleue» d'intensité plus faible mélangée à une lumière «jaune» qui provient de la réflexion.

reçoivent ; enfin ses pores obliques absorbent les rayons qui n'ont pas été réfléchis ou transmis». De plus, Paulian signale qu'un objet paraît toujours rouge lorsqu'il est regardé à travers deux verres rouge et vert. Cette nouvelle observation est interprétée de deux façons différentes selon les positions des verres. Si le rouge est tourné vers l'objet, l'observateur reçoit des rayons rouges par transmission (Paulian précise que les pores droits du verre rouge laissent passer librement les rayons rouges et que les pores droits du verre vert les laissent passer plus difficilement en les absorbant en grande quantité). De plus, il explique que, comme l'observateur reçoit une lumière verte par réflexion sur les parties solides du verre de couleur verte, le mélange de lumière verte et rouge reçu fait donc paraître l'objet rougeâtre. Enfin, si les verres colorés sont inversés, cela ne change rien pour l'observateur: *« Dans ce second cas l'objet lui paraîtra encore rougeâtre, puisqu'il recevra des rayons rouges par réflexion & des rayons verts par réfraction »*⁵⁶. Dans un corollaire, Paulian expose le système des cartésiens sur les couleurs qu'il trouve «insoutenable»: *« Ils prétendent non seulement que la lumière est un corps homogène ; mais encore que le même rayon de lumière différemment modifié, c'est-à-dire, réfléchi à nos yeux tantôt avec plus, tantôt avec moins de force, donneroit des couleurs d'une espèce différente »*. Paulian reprend alors les explications de ce système par le père Regnault qui est «très attaché au parti de Descartes»: *« 1°. Les rayons de lumière se divisent en efficaces, inefficaces & interrompus. Les premiers font une impression sensible sur l'organe de la vue, les seconds ne parviennent pas jusqu'à l'œil du Spectateur, les troisièmes sont composés de rayons efficaces & de rayons inefficaces. 2°. Les rayons efficaces ont le nom de lumière, & les rayons inefficaces celui d'ombre. 3°. Les couleurs ne sont dans les objets colorés, que des tissus de parties propres à diriger vers nos yeux plus ou moins de rayons efficaces, avec des vibrations plus ou moins fortes. 4°. Les couleurs qui frappent les yeux immédiatement, sont des vibrations de rayons lumineux, plus ou moins fortes, & plus ou moins mêlées d'ombre. 5°. Le blanc qui touche l'organe de la vue, consiste dans des vibrations vives de rayons efficaces & non interrompus, ou qui sont fort peu mêlées d'ombre. 6° Des vibrations de lumière un peu plus foibles que le blanc, mais sans mélange d'ombre, du moins sans un mélange un peu considérable, sont le jaune. 7°. Le rouge est un amas de rayons vifs, mais mêlés de rayons*

⁵⁶ Paulian précise ici que Lemonnier remarque faussement, dans un de ses ouvrages, que l'objet paraît jaune lorsqu'il est vu à travers des filtres rouges et verts.

inefficaces. 8°. Une certaine médiocrité de vibrations ou d'ombre, fait le vert. 9°. Il faut pour le bleu des vibrations un peu plus foibles, & un peu plus d'ombre que pour le verd. 10°. Le violet demande des vibrations encore plus foibles que le bleu, encore plus de rayons inefficaces, puisqu'il approche encore plus du noir. 11°. Le noir consiste dans des Vibrations fort foibles des rayons mêlés de beaucoup d'ombre. 12. Le blanc & le noir sont en quelque façon la matière des autres couleurs». Cependant, Paulian fait remarquer que les expériences des première et deuxième classes décrites précédemment montrent tout le faux du système cartésien sur les couleurs. Il en vient à une troisième classe d'expériences où les couleurs sont obtenues en mélangeant des solutions. Cela lui donne alors l'occasion de «*comparer ensemble les Explications que donnent les Newtoniens avec celles que donnent les Cartésiens*». Concernant un mélange d'eau forte et de teinture de tournesol ⁵⁷ qui donne une couleur rouge, Paulian propose cette explication tirée, précise-t-il, du système de Newton ⁵⁸: «*Le mélange que l'on vient de faire de l'eau forte avec la teinture de tournesol ne doit pas avoir des pores assez gros pour absorber le rayon rouge, quoiqu'ils soient assez considérables pour absorber les 6 autres rayons* ⁵⁹». Il donne aussi l'explication de Descartes à laquelle il dit n'accorder que peu de crédit. Dans la deuxième expérience présentée, de l'huile de tartre ⁶⁰ est ajoutée au mélange précédent et la couleur devient violette. Paulian explique que les pores du nouveau mélange doivent être suffisamment larges pour absorber «*les 6 rayons de lumière qui ont le plus de masse*» et «*avoir une figure toute différente de celle que la nature a donnée aux molécules qui composent le rayon violet, puisque ces molécules, quoique plus petites que celle des autres rayons, ne sont pas absorbées, mais réfléchies* ⁶¹». Une fois encore, il

⁵⁷ Précisons que l'eau forte n'est autre que l'acide nitrique. La teinture de tournesol est obtenue grâce à une plante, la maurelle (ou croton des teinturiers). En présence d'un acide, cette teinture bleue a la propriété de virer au rouge.

⁵⁸ Signalons que cette explication n'est pas du tout tirée du *Traité d'optique* de Newton comme nous le verrons par la suite.

⁵⁹ Pour Paulian, les molécules formant les rayons «rouges» seraient donc les plus grosses en volume puisqu'il considère dans son explication la taille de ces molécules par rapport à la taille des pores du mélange.

⁶⁰ L'«huile de tartre» est obtenue avec du «tartre calciné» qui l'on nomme aujourd'hui, carbonate de potassium.

⁶¹ Ainsi, la forme des molécules violettes devrait les empêcher d'accéder aux pores du mélange bien que ces molécules soient les plus petites, voilà une belle contradiction !

donne l'explication cartésienne: *«Descartes, pour expliquer ce fait, donne à ce mélange des molécules un peu plus solides & moins poreuses que celles qui feroient le mélange noir : ces molécules doivent donc envoyer des rayons fort foibles & fort mêlés d'ombre, elles doivent donc donner la couleur violette»*. Cependant, cette explication lui semble incorrecte d'autant que, dit-il, rien ne peut vraiment prouver cette version des choses et il ajoute: *«Newton a pour lui l'expérience du prisme, Descartes ne l'a pas»*. Paulian interprète de la même façon plusieurs autres expériences dans lesquelles des mélanges de solutions produisent des couleurs différentes. A chaque fois, les pores des mélanges ont des formes particulières qui empêchent un ou plusieurs types de corpuscules de lumière d'être absorbés. Il donne aussi d'autres explications venant des cartésiens comme celle-ci: *«[Ils] disent que le mélange de la dissolution de vitriol ⁶² avec l'infusion de noix de galle forme un tissu de molécules longues, flexibles, ayant peu de ressort, courtes & raboteuses, & par conséquent très propres à absorber beaucoup de rayons de lumière & à ne renvoyer les autres que très foiblement»*. Paulian ajoute là-dessus: *«Il y a dans cette explication beaucoup de choses hasardées, & qu'il ne seroit pas facile de prouver»*. Paulian aborde une quatrième classe d'expériences ⁶³ puis il mentionne des objections connues contre le système newtonien. Ainsi, selon Paulian, on oppose à ce système que la neige devrait paraître obscure puisqu'elle renferme une multitude de pores absorbant les rayons de la lumière. Il donne alors l'interprétation suivante: *«La neige a beaucoup de pores, j'en conviens ; mais ce sont des pores remplis d'air très condensé & très propre à réfléchir la lumière, sans la décomposer ; donc la neige dans le système de Newton doit avoir une blancheur extraordinaire»*. Il développe une autre objection: *«Certains draps dans le système de Newton ne devraient pas nous paroître changer de couleur en changeant d'inclinaison, puisque dans le fond ce changement d'inclinaison ne change rien à leur surface. Mais si l'on rappelle les expériences de la première classe, l'on verra que cette objection est une vraie preuve du système de Newton. En effet ces sortes de draps décomposent la lumière en la réfléchissant, à-peu-près comme le Prisme la*

⁶² Le «vitriol» est nommé aujourd'hui, l'acide sulfurique.

⁶³ *«Les Expériences que nous allons rapporter, ou plutôt les suppositions que nous allons faire, sont purement intellectuelles ; elles servent cependant presque aussi bien que les expériences réelles, à prouver que nous avons eu raison de diviser les couleurs en simples et en composées»*. A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 1, p. 461.

décompose en la réfractant. Supposons donc un drap qui réfléchisse le rayon rouge, le rayon verd & le rayon violet sans les mêler les uns avec les autres, & qui absorbe les 4 autres rayons de lumière ; ces 3 rayons après leur réflexion occuperont chacun une place différente, le rouge sera en bas, le violet en haut & le verd au milieu. Supposons encore que ce même drap, incliné de 45 degrés, envoie à mes yeux le rayon rouge ; il est évident qu'en changeant d'inclinaison il enverra quelque'autre rayon, par exemple, le rayon verd ou le rayon violet ; donc dans le système de Newton certains draps doivent changer de couleur en changeant d'inclinaison». Paulian mentionne encore l'objection suivante à laquelle il donne les explications suivantes: «Le Soleil levant dans le système de Newton ne devrait jamais paroître rouge, puisqu'il envoie alors les 7 rayons de lumière. Je sçais que le Soleil envoie en tout temps les 7 rayons de lumière ; mais je sçais aussi que lorsque le Soleil levant paroît rouge, il se trouve alors entre cet Astre & l'œil du spectateur un nuage qui a tous les effets du Prisme. Le rayon rouge après cette décomposition, occupe la place inférieure, c'est-à-dire, la place horizontale ; donc le Spectateur placé à l'horizon ne doit recevoir que le rayon rouge ; donc le Soleil levant doit lui paroître rouge. A Quelle distance au dessus de la Terre le Spectateur devrait-il s'élever pour recevoir le rayon verd ou le rayon violet ? Voilà ce qu'on ne pourra jamais déterminer en Physique. Quelques Physiciens assûrent que le Soleil levant paroît rouge, lorsqu'il se trouve entre cet Astre & l'œil du Spectateur un nuage qui a tous les effets d'un verre rouge, c'est-à-dire, un nuage dont les Pores droits laissent passer principalement les rayons rouges. Cette réponse est conforme aux loix de la Physique ; la première cependant me paroît plus naturelle». A la fin de l'article, Paulian ajoute une remarque où il parle longuement d'un physicien, le père de Chales Jésuite⁶⁴, dont-il compare l'œuvre⁶⁵ avec la théorie de Newton: «Ce physicien avoit fait, 30 ans avant Newton⁶⁶, la plûpart des expériences du Prisme sur lesquelles le Philosophe Anglois a

⁶⁴ Nous pouvons nous demander pourquoi Paulian donne tant d'importance à ce physicien peu connu... En examinant l'article qui lui est réservé dans le *Dictionnaire de physique*, nous apprenons que «dès sa plus tendre jeunesse il entra au Novicat des Jésuites à Avignon ». (A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t.1, p. 361.) Ainsi, nous pouvons penser que Paulian a été amené à étudier, au cours de sa formation scientifique, cet auteur jésuite qu'il présente comme un précurseur de la théorie de l'émission de la lumière.

⁶⁵ Paulian ne donne aucune référence.

⁶⁶ Paulian se trompe puisque Newton avait réalisé ses travaux en optique bien longtemps avant la publication en 1704 de son *Traité d'optique*. Nous situons le début de ses recherches en optique en 1664

bâti son beau système des couleurs. Le P. de Chales ne faisoit ces expériences que pour pouvoir dire quelque chose de raisonnable sur la cause Physique d'un si beau phénomène...J'avoue qu'il y a une grande différence entre les pensées du P. de Chales sur les couleurs ; j'avoue encore que celui-ci auroit dû nous expliquer d'une manière plus nette ce qu'il entendoit par inégale densité de la lumière. Mais cependant le P. de Chales convenoit que les couleurs étoient dans la lumière considérée comme lumière ; que la lumière colorée ne disoit rien de plus que la lumière ; que la réfraction & la réflexion étoient les seuls moyens capables de nous manifester les couleurs⁶⁷ ; que les corps n'en avoient d'eux-mêmes aucune ; qu'enfin une couleur ne différoit d'une autre que par la densité, c'est-à-dire, par la quantité de matière que contiennent les rayons colorés. Or je le demande ; toutes ces pensées différentes sont-elles bien éloignées des assertions de Newton, dans un homme surtout qui employe une grande partie de sa dissertation à réfuter l'hypothèse de Descartes sur les couleurs. Le P. de Chales cependant sent le foible de son opinion ; il en propose une seconde dans laquelle il soutient que la lumière se fait par émission ; ce qui, comme tout le Monde sçait, est un des points fondamentaux de la Physique de Newton».

Dans cet article, Paulian semble suivre la théorie de Newton sur les couleurs et il ajoute très souvent des explications cartésiennes incompréhensibles comparées à la relative simplicité des siennes afin de ridiculiser le système de Descartes sur les couleurs. Cependant, il faut ici revenir sur le contenu du *Traité d'optique* dans lequel Newton montre, dans différentes parties de l'ouvrage, que les couleurs peuvent s'obtenir de diverses façons. Nous en dénombrons en tout quatre: 1- Par réfraction et réflexion de la lumière dans les milieux transparents (les réflexibilités et réfrangibilités des rayons colorés ne sont pas les mêmes⁶⁸), 2- Par absorption (ou transmission) de certains rayons

soit trente ans avant la parution de l'ouvrage. Lire sur le sujet: M. Blay, *Lumière sur les couleurs*, 2001, pp. 22-25.

⁶⁷ Cela est faux ! Il existe d'autres façons d'obtenir de la couleur que nous développerons par la suite.

⁶⁸ Ici, nous devons bien différencier les concepts de réflexibilité et de réfrangibilité pour éviter des confusions. Il est vrai qu'il se produit toujours une dispersion de la lumière blanche au cours de son passage dans un milieu transparent différent et le concept de réfrangibilité propre à chacun des rayons colorés paraît aller de soi. A partir de là, l'évocation d'une réflexibilité propre à chaque rayon coloré comme le fait

colorés dans la matière, 3- Par accès de facile transmission ou de facile réflexion des rayons colorés dans les lames transparentes, 4- Par inflexion au passage des bords d'un petit objet. Dans l'article «Couleurs» du *Dictionnaire de physique*, Paulian ne mentionne pas ces quatre possibilités et ne relève que les deux premières. Comment explique-t-il alors les couleurs obtenues avec des lames minces et des petits obstacles? Il y a fort à croire que Paulian ne veut pas s'étendre sur la théorie des accès de Newton et sur le phénomène lumineux découvert par Grimaldi et il choisit donc délibérément dans l'article de garder le silence sur les deux dernières possibilités d'obtenir de la couleur (nous reviendrons sur ces «oublis» par la suite). En bornant son exposé aux cas les plus simples d'apparition de la couleur, il peut plus aisément comparer les théories newtoniennes et cartésiennes sur le sujet et, surtout, il expose moins son article à la critique. Cependant, même en procédant de cette façon, nous avons vu que le raisonnement suivi par Paulian est quelque fois intenable et nous allons maintenant commenter de façon détaillée ses explications sur l'obtention des couleurs. Au début de l'article, Paulian fait remarquer que, dans la 29^{ème} question du *Traité d'optique*, Newton explique qu'un rayon coloré est constitué d'un seul type de corpuscule dont la masse est différente des autres corpuscules donnant les couleurs. Ainsi, les corpuscules donnant le rouge sont les plus lourds et ceux donnant le violet, les plus légers. Il précise aussi que Newton signale, dans sa question, que les corpuscules de différentes masses possèdent tous la même vitesse. Cependant lorsque nous comparons cela avec les termes employés par Newton dans son ouvrage,

Paulian dans son article peut faire croire que la lumière blanche se disperse aussi après réflexion sur une surface, ce qui n'est pas le cas du tout ! Ce concept de réflexibilité de la lumière n'entre en jeu que dans des conditions expérimentales précises: la lumière provenant d'un milieu transparent plus dense est réfléchi sur une surface réfringente obtenue avec un autre milieu transparent moins dense ; l'angle d'incidence doit être suffisamment grand pour produire la réflexion totale. Ainsi, si l'on augmente progressivement l'angle d'incidence, l'on observera tout d'abord un simple rayon violet être réfléchi auquel viendront s'ajouter au fur et à mesure les autres rayons colorés jusqu'à observer le seul rayon rouge réfracté subir à son tour une réflexion totale, ce qui donnera alors un rayon réfléchi de lumière blanche. Nous voyons donc qu'il est dangereux de rapprocher les deux concepts: l'expression «le rayon le plus réfrangible» n'ayant pas grand-chose à voir avec l'expression «le rayon le plus réflexible» même si ce rayon est toujours celui donnant le violet... Le rayon «violet» est le plus réflexible des rayons «colorés» puisque la réflexion totale se manifeste en premier pour lui (seulement dans le cas où l'on augmente progressivement l'angle d'incidence). Le rayon réfracté «violet» est le plus réfrangible puisque sa déviation par rapport au rayon incident est la plus grande.

nous constatons des différences comme l'atteste cet extrait: *«Il est à remarquer que pour produire toutes les différentes Couleurs de la Lumiere, & tous ses différents degrés de refrangibilité, il suffit que ses Rayons soient des Corpuscules de différentes grosseurs ; que les plus petits de ces Corpuscules produisent le Violet, (la plus foible & la plus sombre de toutes les Couleurs) & soient le plus aisément détournés du droit chemin par des Surfaces refringentes ; & que les autres, à mesure qu'ils sont plus gros, produisent des Couleurs plus fortes & plus éclatantes, le Bleu , le Vert, le Jaune & le Rouge, & qu'à proportion de leur grosseur, ils soient toujours plus difficilement détournés du droit chemin»*⁶⁹. Ainsi, Newton pense que les couleurs obtenues par réfraction sont dues aux différentes «grosseurs» des corpuscules de lumière. Si la lumière passe dans un milieu transparent plus dense, les corpuscules de lumière subissent une action à distance de la part des molécules du milieu. Ainsi, les corpuscules de lumière donnant le violet, explique Newton dans la 29^{ème} question, sont les plus facilement détournés⁷⁰. Cependant, Newton ne parle que de «grosseurs» des corpuscules sans jamais évoquer les masses comme le fait Paulian dans son explication. Newton ne dit pas non plus que les différents types de corpuscules se meuvent tous à vitesse constante dans un milieu particulier⁷¹ et Paulian présente encore les choses comme bon lui semble. Concernant maintenant l'explication de l'effet coloré obtenu par réflexion de la lumière, Newton ne dit rien dans sa vingt-

⁶⁹ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 548-549.

⁷⁰ Remarquons que cette explication contredit la loi (connue depuis les *Principia* de Newton) de l'attraction mutuelle des corps à distance puisque la «force» attractive est proportionnelle au produit des masses des corps qui s'attirent. Ainsi, la «force» attractive qui s'applique aux corpuscules «rouges» devrait être plus grande que pour les corpuscules «violets» et le rayon «rouge» devrait être tout autant dévié que le «violet»... En outre, la «force» qui s'applique aux corpuscules de lumière ne s'applique qu'à proximité du dioptré puisque les trajectoires des rayons réfractés sont rectilignes. Il pourrait alors exister deux lois d'attraction dans la nature comme l'imagine Newton dans la 31^{ème} question: *«La Nature se trouvera très-simple & très-conforme à elle-même, produisant tous les grands mouvements des Corps Celestes par l'attraction d'une pesanteur réciproque entre ces Corps ; & presque tous les petits mouvements de leurs particules, par quelques autres Puissances attractives & repoussantes, réciproques entre ces Particules»*. I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} Trad. française, 1722, p. 582.

⁷¹ L'intervention de vitesses différentes des corpuscules de lumière correspondrait mieux à la loi d'attraction à distance que l'invocation de «grosseurs» différentes de corpuscules. Par exemple, un corpuscule «rouge» ayant plus vitesse que les autres corpuscules serait ainsi moins soumis à la force réfringente et serait donc moins dévié, ce qui correspondrait bien aux faits observés.

neuvième question et ce qui est dit dans l'article ne vient donc pas de lui. Dans ce cas de figure, Paulian explique que les différentes réflexibilités des rayons colorés proviennent du fait que les corpuscules de lumière auraient des figures différentes et ainsi ceux composant le rayon violet seraient «*plus rondes & plus polies*» que les autres. Pour trouver trace de ce genre de propos dans l'ouvrage de Newton, il faut se rendre à la définition III au début du livre I: «*...les Rayons sont plus ou moins reflexibles, selon qu'ils sont renvoyés avec plus ou moins de facilité*»⁷². Ainsi, Paulian interprète cette notion de «facilité ou non à être réfléchi» en faisant appel à des corpuscules de lumière ayant des figures se prêtant plus ou moins à la réflexion... A partir de là, Paulian poursuit son exposé en apportant la preuve de la validité de son système. Grâce à ce dernier, il doit pouvoir expliquer correctement les couleurs prises par les objets solides puis les liqueurs dans différentes expériences et en profiter, au passage, pour montrer la supériorité de ce système par rapport à celui des cartésiens. Dans la deuxième classe d'expériences, Paulian donne son sentiment sur les couleurs de divers objets (draps, feuille d'or, plaques diaphanes colorées). Partant du principe simple de l'existence de corpuscules ayant des masses et des formes différentes, il parvient à donner une certaine vraisemblance à ses propos bien qu'il s'appuie, nous l'avons vu, sur une conception de la matière qui n'a rien à voir avec celle exposée dans le *Traité d'optique*⁷³. En résumé, pour Paulian, la matière est faite de parties et de pores droits ou obliques, les corpuscules de lumière arrivant à la surface d'un corps quelconque peuvent être soit transmis par les pores droits, soit absorbés par les pores obliques ou soit renvoyés par les parties du corps. Lorsqu'il commente les expériences sur les couleurs, Paulian est assez confus car il utilise le mot absorption pour désigner deux choses tout à fait différentes: lorsque la lumière traverse sans encombre la matière grâce à ses pores droits mais aussi lorsqu'elle est comme «capturée» par ses pores obliques. Il ne mentionne l'existence des pores obliques que dans l'expérience des filtres colorés car il lui est bien difficile, dans ce cas, de faire autrement: les corpuscules de lumière donnant le rouge sont réfléchis par les parties du corps et sont aussi transmis par les pores droits ; il faut donc affirmer l'existence des pores obliques qui interviennent pour les autres corpuscules composant la lumière blanche... Remarquons qu'il aurait pu faire de même pour expliquer les couleurs des

⁷² I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, p. 3.

⁷³ Voir pour cela le commentaire de l'article «Diaphane» du *Dictionnaire de physique*.

draps (éclairés en lumière rouge) et de la feuille d'or (ici certains corpuscules de lumière sont encore absorbés). Dans une troisième classe d'expérience, il présente des liqueurs colorées obtenues en faisant certains mélanges. Le principe est toujours le même: la liqueur en question comprend des pores d'un nouveau type qui laissent passer ou non des corpuscules de lumière donnant alors sa couleur à la liqueur. Néanmoins, il faut reconnaître que les explications données à cet endroit sont de moins en moins crédibles. Ainsi, Paulian commence par une explication qui n'est plus en accord avec celles précédemment proposées pour les objets colorés... Il n'est plus question de parties des corps heurtées par des corpuscules, de pores droits et obliques mais de pores de forme particulière qui auraient la faculté de repousser ou d'absorber des corpuscules de lumière. S'agissant d'expériences où l'on produit des teintures, Paulian exclut de son explication l'aspect lié à la transmission de la lumière à travers la substance colorée pour n'y voir que des effets de la réflexion et de l'absorption⁷⁴. Ainsi, Paulian en arrive à penser, dans la deuxième expérience de sa troisième classe d'expériences, que les pores du mélange obtenu laisseraient passer uniquement les corpuscules les plus massifs en empêchant le passage des plus petits d'entre-eux donnant le violet. Pour cela, il invoque des pores du mélange qui ont *«une figure toute différente de celle que la nature a donnée aux molécules qui composent le rayon violet»*. Ainsi, ces explications peu crédibles montrent qu'il n'est pas suffisant de faire appel aux pores de la matière pour comprendre le phénomène de la couleur et, à part invoquer la possibilité, comme le fait Newton dans son *Traité d'optique*, de l'existence de forces agissant à distance qui pourraient attirer ou repousser des corpuscules de lumière, il n'y a pas vraiment d'autre possibilité pour interpréter le phénomène de façon satisfaisante. Ainsi, Paulian cherche à masquer les insuffisances de sa théorie sur les couleurs. De plus, il n'utilise jamais le concept d'action à distance dans ses raisonnements alors que, dans l'article «Réfraction» de son *Dictionnaire de physique*, il se range parmi les partisans de Newton pour expliquer cet effet de la lumière lors d'un changement de milieu transparent: *«J'admets, il est vrai, l'attraction comme la cause de la réfraction ; mais les pores des corps plus ou moins droits, leurs parties plus ou moins lisses, tout cela ne doit-il pas être compté pour quelque chose, & s'il n'entre pas dans la production de cet effet comme Cause, du moins doit-on*

⁷⁴ Si tel était le cas, la teinture sera toujours vue noire par transmission quelque soit son épaisseur.

l'y faire entrer comme condition»⁷⁵. La notion d'attraction est absente de l'explication des couleurs qu'il fournit et il ne considère que «*les pores plus ou moins droits*» et «*leurs parties plus ou moins lisses*» dans les explications proposées. Paulian approfondit-il davantage cette conception de la matière faite de divers pores ailleurs dans le *Dictionnaire de physique* ? Voyons tout d'abord l'article «Pore»: «*Les pores sont de petites ouvertures qui se trouvent dans les corps. La sueur, par exemple, sort par les corps de notre corps*»⁷⁶. Nous voyons là un l'article bien léger pour quelqu'un utilisant abondamment les pores de la matière pour expliquer les effets lumineux... Dans les articles «Matière» et «Corps», nous ne trouvons rien de plus sur le sujet et il nous faut donc admettre que Paulian ne veut pas mettre en avant ce point de physique⁷⁷. Mais pourquoi fait-il cela ? Nous pouvons imaginer qu'il ne souhaite pas donner de matière à polémiquer car sa conception n'est peut-être pas la plus partagée chez les physiciens de son temps comme le montre une citation prise dans les *Leçons de physique expérimentale* de Nollet: «...& pour cela, il faut avoir recours à des hypothèses qu'on auroit peine à faire goûter, comme de supposer une certaine direction dans la plûpart des pores des

⁷⁵ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 3, pp. 152-153.

⁷⁶ *Ibid.*, p. 63.

⁷⁷ Signalons que l'article «Pore» ne sera pas augmenté dans les autres éditions du *Dictionnaire de Physique* de Paulian. Pourtant ce point de physique est amplement plus développé dans un autre dictionnaire «concurrent» à cette époque, le *Dictionnaire raisonné de physique* (1^{ère} éd. 1781) de Brisson qui débute ainsi: «*Interstices qui se trouvent entre les parties solides des corps, & qui sont vuides de la propre substance de ces corps. Tels sont tous les trous que l'on voit dans une éponge: tels sont encore les petits trous que l'on voit dans une lame mince de bois, qu'on observe avec un Microscope. Tous les corps ont des Pores, mais tous n'en ont pas en égale quantité ; ceux-là en ont le moins, qui pesent le plus à volume égal ; car le poids est toujours proportionnel à la quantité de matiere ; & moins il y a de Pores dans un corps d'un volume donné, plus ce corps contient de matiere, & par conséquent plus grand est son poids. L'or & le platine qui sont, de tous les corps que nous connoissons, les plus pesants, ont cependant des Pores*». Signalons, sans entrer dans les détails, que Brisson reprend souvent dans son article ce que dit Musschenbroek «sur l'existence & la nature des Pores» dans son *Essai de physique*. Enfin, l'article de Brisson relève une grande variété de pores, ce qui pourrait expliquer pourquoi Paulian ne s'étend pas sur le sujet: «*La grandeur, la multitude & les figures des Pores des corps sont d'une grande diversité, & il est impossible d'en donner la description, comme il paroît clairement lorsqu'on considere & qu'on examine ces corps à l'aide du microscope. Celui qui n'a ni l'occasion ni le loisir de faire lui-même cette recherche, peut consulter à ce sujet les excellents ouvrages de Malpighi et Leeuwenhoëk*». M. J. Brisson, *Dictionnaire raisonné de physique*, 1781, t. 2, pp. 426-426, pour ces citations.

corps transparents ; tandis que les plus fortes raisons nous portent à croire, que ces pores sont alignés dans toutes sortes de sens: ou de dire qu'il y a plus de lumière réfléchi par des pores obliques, qu'il n'en entre dans ceux qui reçoivent directement les rayons incidens, ce qui ne seroit pas naturel à penser»⁷⁸. Revenons maintenant sur ce que dit Paulian à propos de certains draps qui présentent des couleurs différentes selon les angles de vue. Signalons d'abord que certains exemples de «couleurs changeantes» dans la nature sont décrits par Newton dans la cinquième proposition du second livre de son *Traité d'optique*. Ainsi, Newton intitule la troisième partie: «Des Couleurs permanentes des Corps Naturels, & de l'analogie qui se trouve entre ces Couleurs & celles des Plaques minces transparentes». A lire ce titre, il est clair que le savant qui a précédemment exposé de nombreuses observations sur les couleurs des plaques minces transparentes cherchent à associer cette étude expérimentale avec les couleurs que font voir les corps «non transparents». Ainsi, il expose la cinquième proposition sur laquelle nous allons porter une attention particulière: «Les parties transparentes des Corps, selon leurs différentes grosseurs, réfléchissent des Rayons d'une certaine Couleur, & laissent passer ceux d'une autre Couleur, sur les mêmes fondements que les Plaques minces, ou les bulles réfléchissent ou laissent passer ces Rayons. Et c'est-là, à mon avis, le fondement de toutes les Couleurs des Corps». Dans cette proposition, l'on retrouve des similitudes avec l'article «couleurs» du *Dictionnaire de physique* et il est certain que Paulian a repris des éléments de cette proposition pour écrire son article⁷⁹. Pour montrer le bien fondé de vouloir rapprocher les couleurs permanentes des corps et celles des plaques minces transparentes, Newton reprend plusieurs exemples dans la nature où l'on

⁷⁸ J.-A. Nollet, *Leçons de physique expérimentale*, troisième éd., 1765, t. 5, pp. 264-265.

⁷⁹ Dans son article, Paulian fait état de changements de couleurs obtenus en mélangeant des solutions colorées ou non, ce que Newton avait lui aussi exposé: «...par le mélange de différentes liqueurs on peut faire des productions & des changements de Couleur fort étranges & fort remarquables, dont la cause la plus raisonnable, & qui se présente le plus naturellement à l'Esprit, c'est que les Corpuscules salins d'une Liqueur agissent diversement sur les Corpuscules colorés d'une autre Liqueur, ou s'unissent différemment avec eux, de sorte qu'ils grossissent ou diminuent ces Corpuscules colorés (ce qui peut non seulement en alterer la grosseur, mais encore la densité) ou bien les divisent en de plus petits Corpuscules (ce qui d'une Liqueur colorée en peut faire une transparente) ou réunissent plusieurs de ces Corpuscules en une seule Masse, par où deux Liqueurs transparentes peuvent en composer une seule colorée». I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 293-294.

voit des «couleurs changeantes»⁸⁰. Cependant, ce dernier les explique de manière bien différente que ne le fait Paulian dans son article et, à aucun moment, pour expliquer les couleurs changeantes de certains draps, Newton dit quelque chose qui pourrait ressembler à : *«Ces sortes de draps décomposent la lumière en la réfléchissant, à-peu-près comme le Prisme la décompose en la réfractant»*. D'ailleurs cette explication de Paulian, simple en apparence, mérite que l'on s'y arrête un instant. Ainsi, la réflexion de la lumière à la surface de certains draps produirait une décomposition de la lumière comme avec un prisme. Cela sous entend que la réflexion serait capable de disperser les différents rayons colorés... Or, c'est impossible comme nous l'avons expliqué dans une précédente note qui précise le concept des différentes réflexibilités des rayons colorés. Alors pourquoi Paulian dit cela ? D'abord nous pouvons penser que ce n'est pas du tout une erreur de sa part. D'ailleurs – et ceci n'est pas anodin – Paulian place cette explication «trompeuse» dans un cadre strictement théorique: *«Supposons donc un drap qui réfléchisse le rayon rouge, le rayon verd & le rayon violet sans les mêler les unes avec les autres, & qui absorbe les 4 autres rayons de lumière»*. Cependant, ce type de drap qui n'a jamais été observé dans la nature, ne le sera jamais et Paulian le sait très bien. Qu'à cela ne tienne, il entend donner une explication plausible aux couleurs changeantes des corps sans avoir à mentionner les couleurs prises par les plaques minces transparentes dont Newton se sert pour tenter de comprendre les couleurs permanentes des corps naturels. Au terme de notre analyse, demandons-nous pourquoi Paulian ne mentionne jamais dans son article, ni les

⁸⁰ *«Les Plumes de certains Oiseaux merveilleusement colorées, & particulièrement celles de la queue du Paon, paroissent de différentes Couleurs dans la même partie de la Plume, selon les différentes positions de l'œil, tout comme les Plaques minces dans les Observations septième & dix-neuvième : d'où il s'ensuit que les Couleurs de ces Plumes proviennent de la ténuité de leurs parties transparentes, c'est-à-dire, des filets ou barbes extrêmement fines qui sortent des grosses branches laterales de ces Plumes. C'est pour la même raison que des Toiles d'araignée d'une extrême finesse, ont paru colorée, comme quelques-uns l'ont remarqué, & que les fibres colorés de certaines soyes changent de Couleur, si l'on varie la position de l'œil...De même, si nous considérons les différents Phenomenes de l'Atmosphere, nous pourons observer que dans le temps que les Vapeurs commencent à s'élever, elles n'empêchent point la transparence de l'Air, étant divisées en des parties trop petites pour que leurs Surfaces puissent produire aucune Reflexion : mais que lorsque pour former des gouttes de pluie, elles commencent à se réunir en globules de toutes sortes de grosseur intermediaires, ces globules étant une fois parvenus à une grosseur propre à reflechir certaines Couleurs, & à en laisser passer d'autres ; ils peuvent, selon leurs différentes grosseurs, composer des Nuées de différentes Couleurs»*. Ibid., pp. 292-295.

couleurs obtenues avec l'expérience des anneaux colorés, ni celles associées à l'inflexion de la lumière (selon la terminologie newtonienne). Mais avant, relevons donc quelques éléments d'information sur ces deux phénomènes «oubliés» de l'article. Avec les anneaux colorés, Newton propose une théorie des accès qui semble complexe au premier abord par rapport aux explications classiques que l'on trouve en physique. Ici, le milieu dans lequel la lumière pénètre propage une «information» qui agit ensuite sur la lumière qui l'avait auparavant créée (l'effet devient alors la cause...). Néanmoins, et Paulian doit le savoir, personne d'autre que Newton n'a su donner une explication plausible à ce phénomène de la coloration des lames minces. De plus, cette expérience montre, de façon évidente, la périodicité de la lumière que Newton ne met pas en avant dans son *Traité d'optique* puisque la notion de périodicité apparaît plus dans une physique ondulatoire... Avec les franges colorées obtenues par «inflexion» de la lumière, Newton suggère dans la troisième question de la dernière partie de son *Traité d'optique*: «*Les rayons de Lumiere, passant près des extremités des Corps, ne sont-ils pas pliés plusieurs fois en divers sens par un mouvement pareil à celui d'une Anguille ? Et les trois Franges colorées dont-il a été fait mention ci-dessus, ne sont-elles pas produites par trois Inflexions de cette espece ?*» Cette idée l'amène à penser: «*Les rayons, qui diffèrent en refrangibilité, ne different-ils pas aussi en flexibilité ?* »⁸¹ Paulian, qui a pourtant dû lire ses quelques lignes, préfère, comme nous l'avons fait remarquer en examinant le second tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, les remplacer par un passage des *Principia* où Newton parle de l'attraction que la matière exerce sur la lumière. Il est donc probable que, ayant relevé les contradictions de la théorie des accès pour expliquer l'expérience des anneaux colorés⁸² et les invraisemblances des hypothèses de Newton au sujet de l'inflexion lumineuse⁸³,

⁸¹ *Ibid.*, p. 504, pour ces deux citations.

⁸² Les anneaux colorés qui font voir une périodicité dans l'apparition des couleurs amènent plutôt à penser que la lumière a une nature ondulatoire. Pourtant, Newton réaffirme l'hypothèse de l'émission en expliquant le phénomène grâce à sa théorie des accès dans laquelle l'éther intervient en agissant sur les corpuscules de la lumière. Cependant, l'introduction d'un éther en mouvement pose une nouvelle difficulté que décrit B. Maitte: «*Comment imaginer un éther s'insinuant partout, transmettant les accès plus rapidement que la lumière et se condensant après un obstacle sans pour cela altérer la trajectoire rectiligne des rayons réfléchis, réfractés ou transmis ?* » B. Maitte, *La lumière*, p. 150.

⁸³ Bien que nous comprendrons mieux, après avoir examiné l'article «Diffraction» qui suit, pourquoi Paulian n'en fait pas mention dans son *Dictionnaire de physique*, nous devons savoir que pour expliquer les

Paulian préfère garder le silence sur ces deux façons d'obtenir des couleurs afin de ne pas exposer d'éléments pour lesquels il n'est pas en mesure d'apporter de réponses plus satisfaisantes.

6- L'article «DIFFRACTION»

Paulian débute son article sur la diffraction en précisant que le père jésuite Grimaldi a été le premier à identifier cet autre effet de la lumière «vers l'année 1660⁸⁴»

trajectoires hyperboliques suivies par les rayons de lumière diffractés, Newton fait intervenir (20^{ème} question), comme pour sa théorie des accès, l'éther environnant qui se condense par éloignement de l'objet diffractant : *«Ce milieu étherée passant de l'Eau, du Verre, du Crystal, & d'autres Corps denses & compacts, dans des Espaces vuides, ne devient-il pas toujours plus dense par degrés, & ne rompt-il pas par ce moyen les Rayons de lumiere, non dans un Point, mais en les pliant peu-à-peu en Lignes courbes ? Et la condensation graduelle de ce Milieu ne s'étend-elle pas à quelque distance des Corps, & ne produit-elle pas par là les inflexions des Rayons de Lumiere, qui passent près des extrémités des Corps denses à quelque distance de ces Corps»*. (Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, p. 519.) Cependant, cela ne va pas de soi comme le précise B. Maitte : *«Evidemment, si l'éther se condense de plus en plus, il oppose une résistance croissante qui explique la trajectoire suivie par les corpuscules...mais pourquoi y aurait-il une telle condensation de l'éther ? Pourquoi uniquement après et à l'extérieur d'un obstacle rencontré par la lumière (les rayons réfléchis et réfractés sont rectilignes) ? Pourquoi des rayons transmis directement passant dans la zone où «l'éther est condensé» conservent-ils, comme le montre l'expérience, une trajectoire rectiligne ? On le voit, Newton n'est plus maître de ses explications: elles sont invraisemblables»*. B. Maitte, *La lumière*, p. 143.

⁸⁴ Nous ne connaissons pas de dates précises concernant les recherches sur la diffraction effectuées par Grimaldi. L'ouvrage dans lequel nous retrouvons les travaux réalisés a été publié en 1665 deux ans après son décès. Néanmoins, Paulian donne des informations intéressantes sur le savant italien dans un article du *Dictionnaire de physique* qui lui est réservé : *«Le Pere Grimaldy nous a laissé un Ouvrage dont Newton faisoit beaucoup de cas. Il est intitulé De lumine & coloribus Iridis. Cet Auteur a été un des premiers à s'apercevoir que les rayons colorés avoient différens degrés de réfrangibilité. Il a même examiné qu'elle pouvoit en être la cause, comme le remarque Newton à la fin de l'expérience quatrième de la Proposition seconde de la Partie premiere du livre premier de son Optique...Newton rapporte encore plusieurs observations qui fit le P Grimaldy sur les ombres des corps qui ne recevoient la lumière que par le trou de la chambre obscure, dont nous avons fait la description dans l'article couleurs...Ce n'est pas là la seule découverte que la Physique doive au P. Grimaldy. En l'année 1660 il trouva la diffraction de la lumière, c'est-à-dire, il trouva que la lumière ne pouvoit pas passer près d'un corps sensible, sans s'approcher de ce*

(voir la figure 4 ci-dessous): «La lumière étoit non-seulement capable de réfraction & de réflexion, mais encore de diffraction ou d'inflexion, c'est-à-dire, il éprouva que le rayon de lumière AB...ne pouvoit pas passer près du corps C, sans s'approcher sensiblement de ce corps & se détourner visiblement de son chemin ⁸⁵» ⁸⁶.

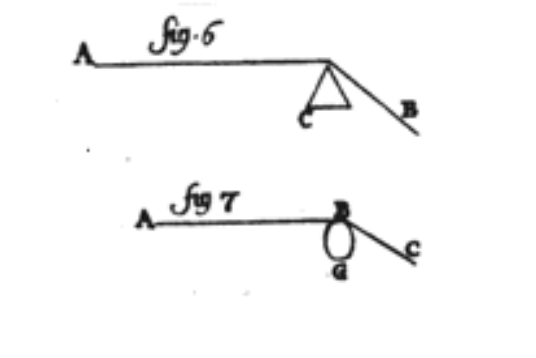


Figure 4 ⁸⁷

Il mentionne aussi une expérience réalisée par Delisle le Cadet en 1715: «Un rayon de lumière AB fig 7^e. pl 4^e.introduit dans la chambre obscure, & devenu tangent du globe de métal G, ne continuoit pas, après l'attouchement, sa route en ligne droite, mais

corps & se détourner visiblement de son chemin. Voyez l'article de la diffraction, tom. I pag. 537. Ce grand Homme mourut en l'année à l'âge d'environ 45 ans». (A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 2, pp. 294-295.) Relevons que Grimaldi meurt en 1662 et non 1562 et que Paulian ment lorsqu'il dit mentionner des observations sur les ombres des corps dans son article «Couleurs». De plus, il n'associe pas ces observations sur les ombres (franges colorées) avec le phénomène de diffraction...

⁸⁵ Paulian ne précise pas ici que le phénomène lumineux n'intervient que dans le cas de très petits objets comme l'avait observé Grimaldi. De plus, la figure 6, avec laquelle Paulian définit la diffraction, schématise les choses de manière très simpliste. Il est vrai que Newton fait passer un fin trait de lumière par l'ouverture réalisée grâce aux lames de deux couteaux et observe alors à l'écran une tâche lumineuse plus grande que prévue. Cela porte à croire que la lumière passant à proximité des lames couteaux se trouve comme «attirée» par elles. Cependant, pour que ce phénomène «attractif» (en apparence) ait lieu, il faut obligatoirement que la lumière passe dans une petite ouverture et la figure 6 de Paulian ne le montre pas du tout.

⁸⁶ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 1, pp. 537-538, pour cette citation et les suivantes.

⁸⁷ Planche 4 du 1^{er} tome du *Dictionnaire de physique* de 1761.

se rendoit à l'œil placé au point C⁸⁸ ». Puis, Paulian en vient au sentiment de Newton⁸⁹

⁸⁸ En examinant le texte de Deliste le Cadet, l'on s'aperçoit que ce n'est pas exactement ce qui est observé: *«L'expérience que M. de la Hire a rapporté la dernière fois à la Compagnie, m'a donné occasion de faire quelques réflexions sur l'expérience dont j'avois fait part à la Compagnie le 19 juin 1715. J'avois dit qu'ayant introduit la lumière du Soleil par un fort petit trou dans ma chambre obscure, j'avois reçu l'image du Soleil sur un Cercle de plomb, de telle manière que ce Cercle débordoit considérablement l'image du Soleil ; qu'ensuite j'avois reçu sur un papier l'ombre de ce Cercle, & que je l'avois apperçue fort noire & fort terminée, & entourée d'un Anneau lumineux, tout semblable à celui que l'on apperçoit autour de la Lune dans les Eclipses totales du Soleil»*. (J.-N. Deliste le Cadet, «Réflexions sur l'Expérience que j'ai rapportée à l'Académie d'un anneau lumineux semblable à celui que l'on apperçoit autour de la Lune dans les Eclipses totales du Soleil», *M.A.R.S de 1715, 1716*, pp. 166-169, pour cette citation et la suivante.) Ainsi, son but était de reproduire dans la chambre obscure ce qui est vu lors d'une éclipse totale du soleil: un anneau lumineux entourant la lune dans une grande obscurité. Cependant, la diffraction n'intervient que dans le cas des très petits objets et ce phénomène ne joue aucun rôle pour produire l'anneau lumineux de l'éclipse... Néanmoins, l'expérience réalisée dans la chambre obscure réunit bien les conditions pour diffracter la lumière: *«J'ai remarqué que dans une grande obscurité, non-seulement on apperçoit un Anneau autour de l'ombre du corps opaque qui couvre le Soleil, mais même que l'on en voit encore plusieurs autres à l'extérieur qui lui sont concentriques, qui sont moins larges, & dont la lumière est plus foible. L'on en voit fort aisément trois sur le papier dans la chambre obscure...Lorsque l'on apperçoit plusieurs Anneaux, ils se distinguent l'un de l'autre, non-seulement par la force de leur lumière qui va en s'affoiblissant, à mesure qu'ils s'éloignent de l'ombre, mais ils sont encore séparés par de petites lignes obscures...La lumière de ces Anneaux est très-blanche, lorsqu'ils paroissent petits: ce qui arrive lorsque le plan sur lequel ils se représentent est fort proche du corps ; mais à mesure que l'on éloigne ce plan du corps, les Anneaux paroissent plus grands, & la blancheur de chacun se sépare dans les mêmes couleurs dans lesquelles la réfraction sépare la lumière blanche du Soleil, ensorte que la blancheur de chacun de ces Anneaux est composée du mélange de toutes ces couleurs, lesquelles se séparent dans une grande distance, & forment autant de différentes suites de couleurs qu'il y a d'Anneaux»*. Ainsi, une nouvelle fois, le schéma (figure 7) donné par Paulian ne correspond pas à l'expérience de Deliste le Cadet: les anneaux observés sur l'écran sont situés autour de l'ombre de la sphère et donc un rayon passant à proximité de celle-ci devrait être dévié en étant repoussé plutôt qu'en s'approchant faisant croire alors à un phénomène de type attractif.

⁸⁹ Notons que Paulian ne mentionne pas deux autres savants ayant approfondi les connaissances sur la diffraction dans la première moitié du 18^{ème} siècle: Maraldi et Mairan. Le premier des deux physiciens écrit un mémoire en 1723 publié dans les *M.A.R.S* qui traite essentiellement de la diffraction de la lumière. Dans ce mémoire, l'on retrouve une multitude d'expériences réalisées dans une chambre obscure où des fins traits de lumière sont diffractés par de petits corps comme des cheveux, des poils, des écrans rectangulaires de différentes tailles, de petites sphères... Il observe alors, sur un écran, différentes figures de diffraction présentant des franges (colorées ou non) à l'intérieur et à l'extérieur de l'ombre de l'objet utilisé. Maraldi tente d'expliquer pourquoi la lumière est diffractée de part et d'autre de l'ombre: pour les franges

tiré de quelques parties du *Traité d'optique* (observations 5, 6, 7, 8, 9 et 10 du troisième livre): « *Il attribue cet effet à l'attraction que les corps C & le Globe G exercent sur le rayon de lumière AB* ⁹⁰ ». Puis, pour affirmer cela, Paulian cite intégralement les questions 1, 4 et 5 de la dernière partie du *Traité d'optique*. Enfin, pour finir l'article, Paulian répond à une difficulté souvent mentionnée par les cartésiens: sur la Terre, les attractions particulières des corps sont insensibles car elles sont négligeables devant la gravité des corps (attraction exercée par la Terre). Dans ce cas, disent les cartésiens, pourquoi cela serait différent pour la lumière ? « *Leur action devrait donc être nulle ou comme nulle par rapport à la lumière* ». Paulian répond à cette difficulté: « *Il n'en est pas ainsi d'un rayon de lumière ; il est non seulement comme infiniment petit par rapport à la Terre, mais il est encore comme infiniment petit par rapport aux corps sublunaires ; donc l'action des corps C & G ne doit pas être nulle par rapport à lui* ».

Avec cet article, il nous paraît évident que Paulian simplifie beaucoup le phénomène: un rayon de lumière est rompu (vers l'intérieur) lorsqu'il frôle les objets. Dans ce sens, Paulian évite de faire référence à certaines observations ou questions de la

extérieures, il reprend l'explication newtonienne invoquant des forces répulsives. Pour les franges intérieures, il imagine qu'une partie de la lumière passant à proximité du corps forme un tourbillon autour de lui ; en continuant sa course, elle prend la direction de l'intérieur de l'ombre de l'objet. Quant au physicien Mairan, il écrit un mémoire sur la diffraction en 1738 publié dans l'édition des *M.A.R.S* de 1740. Pour lui encore, les franges extérieures sont expliquées par des forces de répulsion dont la cause serait due (il reprend lui aussi l'idée de Newton) à la condensation de l'éther qui augmente en s'éloignant de l'objet diffractant. Pour la diffraction produisant les franges intérieures, Mairan l'explique grâce à la condensation de l'air plus grande à proximité de l'objet qui produit des réfractions différentes de la lumière.

⁹⁰ Il faut souligner que Newton ne parle pas des « *corps C et G* » dans son *Traité d'optique* mais que Paulian image ici comment aurait pu s'exprimer le physicien... Néanmoins, dans son *Traité d'optique*, Newton n'attribue pas cet effet à l'attraction entre les corps comme le dit Paulian mais il explique dans la 31^{ème} question: « *Comme dans l'Algebre les quantités negatives commencent où les affirmations disparaissent, ainsi dans la Mechanique la Vertu repoussante doit paroître où l'Attraction vient à cesser. Or qu'il y ait une telle Vertu, c'est ce qui semble suivre des Reflexions & des Inflexions des Rayons de Lumiere: car dans ces deux cas les Rayons sont repoussés par les Corps, sans un contact immédiat du Corps qui cause ces Reflexions ou ces Inflexions* ». (I. Newton, *Traité d'optique*, 1722, p.579.) Notons que, dans ses observations, Newton ne mentionne jamais très clairement les franges à l'intérieur de l'ombre de l'objet diffractant (il en fait uniquement allusion dans sa quatrième observation très mal expliquée...) et renomme le phénomène découvert par Grimaldi, la diffraction devenant alors l'inflexion.

dernière partie du *Traité d'optique* de Newton. Ainsi, parmi les onze observations, il ne mentionne pas celles (1 à 4 et 11) où Newton ne se sert pas de couteaux mais d'un cheveu. Ici, l'ombre devient plus grande que prévu et l'interprétation ne peut plus se faire en invoquant une attraction de l'objet sur la lumière... De même, Paulian cite les questions 1, 4 et 5 du *Traité d'optique* mais ne le fait pas pour les questions 2 et 3 où pourtant Newton en dit davantage sur l'inflexion: «*QUESTION II. LES RAYONS, qui different en refrangibilité, ne different-ils pas aussi en flexibilité ? & ne sont-ils pas séparés l'un de l'autre par leurs differentes Inflexions, de sorte qu'ils se produisent, après leur séparation, les trois Franges colorées qui ont été décrites ci-dessus ? Et de quelle manière sont-ils pliés pour former ces Franges-là ? QUESTION III. LES RAYONS de Lumiere, passant près des extrémités des Corps, ne sont-ils pas pliés plusieurs fois en divers sens par un mouvement pareil à celui d'une Anguille ? Et les trois Franges colorées dont il a été fait mention ci-dessus, ne sont-elles pas produites par trois Inflexions de cette espece ?*»⁹¹ Avec ces deux questions, Newton tente d'interpréter l'apparition à l'écran de franges colorées qui se répètent et il paraît évident que Paulian cherche à cacher cela. En outre, il faut attendre l'édition de 1767 du *Dictionnaire de physique portatif* pour trouver un premier article sur la diffraction dont voici un extrait provenant de l'édition de 1769: «*Il attribue cet effet à l'attraction que les corps sensibles*⁹² *exercent sur les rayons de lumiere...Newton racontoit ces expériences à quiconque lui demandoit des marques visibles de son attraction. Je m'étonne qu'il ne lui soit pas venu en pensée d'en faire honneur au P. de Grimaldi son véritable inventeur*⁹³*. M. de Voltaire y a supplée. Consultez ses Eléments de la Philosophie de Newton, page*

⁹¹ I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, p. 504.

⁹² Nous trouvons ici une précision importante sur le phénomène de diffraction: il n'apparaît que pour des objets de très petites dimensions.

⁹³ Paulian trompe son lecteur puisque Newton avait rendu hommage au physicien italien au début du troisième livre de son *Traité d'optique*: «*Grimaldi nous a appris que, si un Trait de Lumière Solaire est introduit dans une Chambre obscure au travers d'un fort petit Trou, les ombres des Corps exposés à cette Lumière, seront plus amples qu'elles ne devoient être si les Rayons passaient près des extrémités de ces Corps en droites lignes ; & que ces Ombres sont bordées de trois bandes ou franges de Lumière colorée, paralleles entr'elles*». (I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, p. 478.) Signalons que cela ne peut-être une erreur de la part de Paulian qui mentionne très souvent Newton faisant référence au savant italien dans l'article «Grimaldy» du *Dictionnaire de physique*.

106»⁹⁴. Il est clair que Paulian, pour écrire l'article «Diffraction», a dû s'inspirer du contenu du chapitre intitulé «De l'attraction» dans l'ouvrage de Voltaire: «*Voici cette nouvelle propriété qui fut découvert par le père Grimaldi jésuite vers l'an 1660 et sur laquelle Neuton a poussé l'examen jusqu'au point de mesurer l'ombre d'un cheveu à des distances différentes. Cette propriété est l'inflexion de la lumière. Non seulement les rayons se brisent en passant dans le milieu dont la masse les attire ; mais d'autres rayons, qui passent dans l'air auprès des bords de ce corps attirant, s'approchant sensiblement de ce corps, et se détournant visiblement de leur chemin. Mettez dans cet endroit cette lame d'acier, ou de verre aminci, qui finit en pointe: exposez-la auprès d'un petit trou par lequel la lumière passe ; que cette lumière vienne raser la pointe de ce métal. Vous verrez les rayons se courber auprès en telle manière, que le rayon qui s'approchera le plus de cette pointe, se courbera davantage, et que celui qui en sera le plus éloigné, se courbera moins en proportion. N'est-il pas de la plus grande vraisemblance, que le même pouvoir qui brise ces rayons, quand ils sont dans ce milieu, les force à se détourner, quand il sont près de ce milieu ?* »⁹⁵ Voltaire se sert donc de l'inflexion de la lumière découverte par Grimaldi uniquement comme preuve de l'existence de l'attraction à distance entre la lumière et la matière⁹⁶ (à aucun moment dans ses *Elements de la philosophie de Neuton*, Voltaire ne fait de description détaillée du phénomène). C'est dans ce même esprit que Paulian compose l'article et nous comprenons donc pourquoi nous n'y trouvons pas de description plus complète du phénomène (franges à intérieur et à extérieur de l'ombre de l'objet diffractant, franges colorées, trajet de la lumière selon des courbes hyperboliques, franges d'intensité et de largeurs variables selon la distance objet-écran...). Remarquons que Paulian arrange quelque peu l'article dans la deuxième édition (1773) du *Dictionnaire de physique*. Ainsi, il ne donne plus de figure qui schématise le phénomène, ne fait plus référence aux corps diffractants C et G qui alourdisaient beaucoup l'explication et mentionne les «corps» en général sans préciser qu'ils doivent être de petites tailles pour observer le phénomène.

⁹⁴ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique portatif*, Nouvelle éd., t. 1, p. 263.

⁹⁵ Voltaire, *Elements de la philosophie de Neuton*, 1738, pp. 86-87.

⁹⁶ Remarquons que Newton avait aussi procédé de la sorte dans ses *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* en donnant une description très courte du phénomène et une figure trompeuse (avec une seule lame de couteau, il est impossible d'observer ce que montre sa figure...).

Nous pouvons nous demander pourquoi Paulian ne donne pas cette dernière information essentielle. Une des explications que nous pouvons avancer est qu'il n'est pas facile de justifier le fait que la lumière ne soit pas diffractée aux abords des corps de toutes dimensions. Les parties des corps n'agiraient donc à distance sur la lumière seulement pour les très petits objets ? Nous voyons ici que Paulian préfère donner une description imprécise. Enfin, pourquoi Paulian ne rentre pas plus dans les détails lorsqu'il présente le phénomène de diffraction, le cantonnant seulement à son aspect attractif ? Est-ce seulement parce qu'il procède comme Voltaire ? Ou bien pour d'autres raisons ? D'abord, il est très probable que Paulian n'a jamais fait lui-même ce genre d'expériences qui nécessite une excellente pratique de l'optique et que sa compréhension des observations décrites dans les ouvrages spécialisés s'en trouve limitée. Cependant, nous avons démontré qu'il élude volontairement certains éléments d'information sur le phénomène et donc que ses connaissances en la matière ne se limitent pas à la simple présentation qu'il en donne. En examinant les parties du *Traité d'optique* de Newton qui sont «contournées» par Paulian, nous comprenons mieux ce qui le pousse à agir ainsi. Tout comme pour la réflexion, il exclut de son système de pensée les forces à distance répulsives dans la nature comme le suggère Newton. A partir de là, comment expliquer l'inflexion de la lumière vers l'extérieur de l'objet diffractant ? Il ne peut tout de même pas invoquer, comme pour la réflexion lumineuse, des chocs contre des parties de la matière car l'action à distance est bien avérée pour ce phénomène... Nous voyons donc que pour ne pas mettre en péril son explication de la réflexion de la lumière, Paulian ne doit pas s'étendre sur la complexité du phénomène de diffraction⁹⁷. Ainsi, Paulian simplifie fortement la présentation du phénomène parce qu'il ne peut imaginer d'actions répulsives autres que celles produites par des contacts matériels (chocs élastiques).

⁹⁷ Précisons que le système de Paulian sur la lumière trouve avant tout ses fondements dans l'optique de Newton. Il s'avère très difficile (voire impossible) de transformer ou d'arranger des parties de l'optique de Newton sans devoir retravailler l'ensemble et, parfois, comme pour la diffraction, Paulian est obligé d'en dire le moins possible pour que les différentes parties de son système sur la lumière ne se contredisent pas.

7- Article «CRISTAL D'ISLANDE»

Parmi les différents effets lumineux, un seul n'avait pas été traité dans la première édition du *Dictionnaire de physique*: la double réfraction de la lumière. Cela est rectifié avec la seconde édition de 1773 dans un article consacré au cristal d'Islande⁹⁸ : «Ce cristal occupe une place distinguée dans les cabinets des Naturalistes. Il présentent aux curieux de grandes beautés, & aux Physiciens de grandes difficultés»⁹⁹. Paulian en vient à l'étude approfondie du phénomène que l'on retrouve dans le *Traité d'optique*: «Newton a consacré à cette espece de jeu de la nature sa 25^e, sa 26^e, sa 27^e, & une partie de sa 28^e question d'Optique. Il nous fait d'abord une description très-exacte du Cristal...Un rayon de lumiere tombant sur une des surfaces de ce Cristal se partage en deux ; ce qui fait paroître double tout objet qu'on regarde à travers, & ce qui prouve que le rayon a souffert deux réfractions. Les deux rayons réfractés sont à peu près d'égale grosseur, & ils conservent la même couleur que le rayon incident. Le rayon perpendiculaire se rompt, & il y a des rayons obliques qui passent tout droit. Des deux rayons qui se sont formés du rayon incident, l'un souffre une réfraction réguliere, l'autre une réfraction irréguliere. Newton a mesuré très-exactement la premiere. Il a trouvé que lorsque la lumiere passe de l'air dans le Cristal, le sinus d'incidence : au sinus de réfraction :: 5 :3. Il ne nous a pas marqué la proportion que suit la réfraction irréguliere, sans doute qu'elle n'en suit point de constante». Il en vient aux effets observés lorsque l'on superpose deux morceaux de cristal d'Islande que Huygens, précise-t-il, n'a su expliquer et que Newton a tenté d'interpréter en prétendant «que chaque rayon de lumière a 4 côtés» (2 côtés produisant

⁹⁸ La totalité de l'article reprend la neuvième des lettres consacrées à l'optique de Newton dans le deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton* publié en 1763. Signalons que Paulian ne mentionne pas dans son article Erasme Bartholin. Ce dernier publie ses travaux en 1669 dans l'ouvrage, *Experimenta crystalli Islandici disdiaclastici*. Le savant y donne des explications que résume B. Maitte: «A l'évidence, le phénomène est dû à une double cause: à la nature de la lumière et, puisque l'image extraordinaire dépend toujours de l'orientation du cristal, à la structure de celui-ci. Bartholin suppose donc que les particules de lumière se propagent dans la calcite selon deux catégories de pores : les unes seraient parallèles aux côtés du rhomboèdre et induiraient l'image extraordinaire, les autres, analogues à celle du verre, provoqueraient l'apparition de l'image fixe». B. Maitte, *La lumière*, p. 172.

⁹⁹ A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 2^{ème} éd., 1773, t. 1, pp. 545-547, pour cette citation et les suivantes.

la réfraction régulière et deux autres, la réfraction irrégulière). Concernant l'idée de Newton, Paulian précise: «*Je ne crois pas que les défenseurs des qualités occultes ayent jamais donné de réponse plus obscure*». Il finit l'article en donnant ses conjectures sur le phénomène de double réfraction qui lui paraissent «*plus pausibles que celles de Newton*»: «*1°. Le Cristal d'Islande pourroit bien être composé de parties moins homogenes que le Cristal ordinaire, & parmi ces parties hétérogenes les unes pourroient bien causer la réfraction que Newton appelle réguliere, & les autres celle qu'il appelle irréguliere. 2°. Les couches de ce Cristal pourroient bien n'être pas exactement paralleles. Dans cette hypothèse le rayon perpendiculaire à certaines couches (1) seulement, sera réfracté par celles(2) auxquelles il n'est pas perpendiculaire. Par la même raison un rayon oblique aux seules premieres couches(1) du Cristal, & perpendiculaire à toutes les autres (2), ne devra éprouver aucune réfraction sensible*». De plus, Paulian interprète la découverte de Huygens: «*3°. Les deux morceaux de Cristal dont les côtés sont posés parallèlement, peuvent être regardés comme un même morceau. Les deux rayons de lumiere doivent donc souffrir dans le second les mêmes réfractions que dans le premier. 4°. Pour les deux morceaux de Cristal dont les plans sont opposés perpendiculairement, on peut gueres les regarder comme un même morceau. Si les deux rayons venus d'un seul rayon, font échange de leur réfraction en passant du Cristal supérieur dans l'inférieur, l'on peut conjecturer qu'aucun d'eux ne trouve dans celui-ci des parties semblables à celles qu'il a trouvées dans celui-là* ¹⁰⁰».

Si l'article est ajouté à la deuxième édition du *Dictionnaire de physique*, nous le trouvons d'abord intégralement dans le *Dictionnaire de physique portatif* de 1769. Cette partie scientifique a très probablement été composée pour le *Traité de Paix entre Descartes et Newton* (1763) et nous ne retrouvons pas d'évolution sur ce sujet. Nous avons déjà fait les comparaisons entre les contenus des questions du *Traité d'optique* sur la double réfraction et le résumé qu'en donne Paulian dans le deuxième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*. Il avait été relevé que Paulian parle le moins possible des

¹⁰⁰ Ici, Paulian ne donne des explications que pour deux cas particuliers: les deux cristaux superposés sont disposés avec les plans de section principale (selon la terminologie employée par Huygens qui a défini le terme) parallèles ou bien perpendiculaires. Dans tous les autres cas, il est observé quatre rayons (deux ordinaires et deux extraordinaires) à la sortie du deuxième cristal.

travaux de Huygens pour ne pas avoir à mentionner la prédiction exacte de la réfraction extraordinaire que fournit la théorie ondulatoire contrairement à celle de l'émission. De plus, Paulian rejette (sans préciser pourquoi) la tentative de Newton pour expliquer les effets lumineux très surprenants que l'on observe avec deux cristaux d'Islande superposés (31^{ème} question du *Traité d'optique*): *«Et puisque le Crystal n'agit sur les Rayons par cette vertu particuliere, que lorsque l'un de leurs côtés à réfraction extraordinaire, est tourné vers cette Plage de Crystal ; il s'ensuit delà, que dans ces côtés des Rayons il y a aussi une vertu ou disposition qui correspond à cette disposition du Crystal, ainsi que les Poles de deux Aimants correspondent l'un à l'autre. Et comme la Vertu magnetique peut être augmentée & diminuée, & ne se trouve que dans l'Aimant & dans le Fer ; de même cette Vertu de rompre les Rayons perpendiculaires, est plus forte dans le Crystal de Roche, & n'a pas encore été observée dans d'autre Corps. Je ne dis pas que cette derniere vertu soit magnetique. Il semble qu'elle soit d'une autre espece»*¹⁰¹. L'on comprend mieux en lisant ses quelques lignes pourquoi Paulian y voit là une explication liée aux qualités occultes qu'il bannit de la physique. La réalité d'une force de répulsion dans la nature est déjà pour lui inconcevable et l'existence d'une autre «vertu particulière» liée aux rayons de lumière (qui les orienterait dans l'espace) l'est forcément encore plus... Cela dit, revenons sur la tentative d'explication de Paulian. Pour lui, le cristal d'Islande possède deux «structures» enchâssées l'une dans l'autre: une «structure» produit la réfraction ordinaire et l'autre, la réfraction extraordinaire. L'expérience montre que lorsque les plans de section principale des deux cristaux superposés sont parallèles, deux seuls rayons émergent du second cristal et, pour Paulian: *«Les deux rayons de lumiere doivent donc souffrir dans le second les mêmes réfractions que dans le premier»*. Il considère que, dans le deuxième cristal, chacune des structures n'agit que sur un seul des deux rayons. Le rayon incident a déjà été réfracté en deux types de rayons par le premier cristal et la double réfraction ne peut plus avoir lieu dans le deuxième cristal. De plus, dans les cas où les plans de section principale des cristaux superposés sont perpendiculaires, l'on observe toujours deux rayons émergents mais une modification se produit par rapport au cas précédent: Paulian explique que *«les deux rayons venus d'un seul rayon, font échange de leur réfraction en passant du Cristal supérieur dans l'inférieur»*. Si nous suivons ce raisonnement, le rayon réfracté de façon

¹⁰¹I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, p. 550.

ordinaire par le premier cristal est «échangé» en un rayon réfracté de façon extraordinaire (l'inverse se produit pour le rayon initialement réfracté de façon extraordinaire) par simple rotation à 90° du second cristal par rapport au premier... Cependant, les rayons ne sont aucunement «échangés» avant d'être réfractés par le second cristal (comme «il le faudrait» pour que l'expérience corresponde aux explications que donnent Paulian): le rayon réfracté de manière ordinaire par le premier cristal est réfracté de manière extraordinaire par le second cristal et le rayon qui est réfracté de manière extraordinaire par le premier cristal est ensuite réfracté de manière ordinaire. Ainsi nous voyons là une tautologie donnant l'impression que l'explication est évidente alors que, nous l'avons démontrée, elle ne l'est pas du tout. En usant de cet effet de rhétorique, Paulian peut proposer une explication qui semble très crédible et bien meilleure que celle qu'imagine Newton avec ses différents côtés des rayons de lumière. Enfin, une dernière question se pose à nous : pourquoi Paulian ne fait-il pas usage des différents pores dans la matière dans son explication de la double réfraction comme il le fait pour la réflexion et les couleurs ? Cela pourrait expliquer pourquoi Paulian, contrairement à Newton dans son *Traité d'optique*¹⁰², «oublie» de mentionner Bartholin qui, nous l'avons dit, utilise la théorie des différents types de pores dans la matière pour ses explications¹⁰³. Paulian décrit dans l'article une structure de la matière composée de deux parties différentes qui agissent de manière indépendante sur les corpuscules de lumière pour produire les réfractions ordinaire et extraordinaire. Cependant, la réfraction «extraordinaire» ne suit pas la règle habituelle et Paulian passe très vite ce point de physique important. Pourtant, il écrit tout un article sur la réfraction «ordinaire» qu'il explique en reprenant, pour l'essentiel, le sentiment de Newton qu'il complète pour des cas particuliers en invoquant l'action des pores de la matière. Mais pourquoi alors Paulian choisit d'utiliser ici une autre représentation du corps diaphane ? Nous pouvons penser qu'il ne souhaitait tout simplement pas ajouter un autre type de pores droits pour expliquer la réfraction

¹⁰² Au début de la vingt-cinquième question du troisième livre du *Traité d'optique*, Newton explique ceci: «Les Rayons de Lumière n'ont-ils point d'autres propriétés originaires, outre celles dont j'ai donné la description ? Nous avons un exemple d'une autre propriété originaire dans la Réfraction du Crystal d'Islande, décrit premièrement par Erasme Bartholin, & ensuite plus exactement par M. Huygens, dans son *Traité de la lumière*». I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, p. 528.

¹⁰³ Cependant, là-dessus, nous pouvons aussi imaginer que Paulian ne connaît peut-être tout simplement pas les écrits de Bartholin.

extraordinaire d'autant que celle-ci dépend de l'orientation du cristal (à angle d'incidence constant ¹⁰⁴) ce qui n'est pas le cas pour la réfraction habituelle.

Après avoir examiné les articles précédents sur la lumière et ses effets, nous constatons que le principe de répulsion dans la nature est vigoureusement combattu par Paulian et il nous paraît intéressant d'examiner l'article «Répulsion».

8- L'article « REPULSION »

Paulian débute l'article en faisant remarquer que c'est le newtonien Desaguliers ¹⁰⁵ qui parle le mieux de la répulsion entre les corps: *«Il rapporte d'abord dans sa première leçon plusieurs expériences pour prouver que la répulsion des corps, & à certaines distances & dans certaines occasions, n'est pas moins que leur attraction, à d'autres distances & dans d'autres occasions, un principe de la nature, ou, une loi générale que le Créateur a établie, en tirant ce monde du néant* ¹⁰⁶» ¹⁰⁷. Reprenant plusieurs expériences

¹⁰⁴ Nous savons que les rayons incident et réfracté «ordinairement» se situent dans un même plan P. Le rayon réfracté extraordinairement se situera aussi dans le plan P à la condition que ce plan soit confondu avec le plan de section principale P' du cristal. Dans tous les autres cas où P et P' ne se confondent pas, le rayon réfracté de façon extraordinaire n'appartient plus au plan P comprenant toujours les rayons incident et réfracté (ordinairement).

¹⁰⁵ Paulian fait ici référence au *Cours de physique expérimentale* en deux volumes (traduction française en 1751).

¹⁰⁶ Signalons, après vérification dans la première leçon, que Desaguliers parle très souvent d'une «force» ou d'une «puissance» répulsive dans la nature mais qu'à aucun moment il invoque, comme le dit Paulian, *«un principe de la nature, ou, une loi générale que le Créateur a établie, en tirant ce monde du néant»*. Dans cette leçon, Desaguliers explique: *«Il y a dans la nature plusieurs autres exemples d'une puissance répulsive dans les corps, & très-souvent les mêmes corps qui s'attirent mutuellement à certaines distances & dans certaines circonstances, se repoussent mutuellement à différentes distances & dans d'autres*

où il perçoit des répulsions, Desaguliers conclut alors, selon Paulian qui dit l'avoir lu dans la deuxième note de la sixième leçon du *Cours de physique expérimentale* du physicien anglais: «*Le Créateur a fait des loix de répulsion ausquelles les corps sont soumis, & qu'on doit regarder comme des loix générales de la nature. C'est par ces loix qu'il explique le ressort des corps & surtout le ressort de l'air*¹⁰⁸». Paulian ne croit pas qu'une

circonstances». De plus, dans la note 21 correspondant à la première leçon de son *Cours de physique expérimentale*, le physicien anglais précise: «*Voyez l'Introduction de S'Gravesande, Part. I. depuis n°. 40. jusqu'à 44. Lorsque la lumiere est réfléchie par une surface polie de verre, de crystal, ou de métal ; les particules de la lumière ne frappent pas sur les parties solides, & n'en sont pas réfléchies ; mais elles sont repoussées de la surface à une petite distance, avant que de la toucher, par une force qui s'étend sur toute cette surface polie, Voyez l'Optique de Newton, Livre II. Part III. Prop. 8. Les rayons de lumière sont aussi repoussés par les côtés des corps à mesure qu'ils passent auprès d'eux, en sorte que leurs ombres, dans certains cas, en deviennent plus grandes qu'elles n'auroient été sans cela. Voyez le même Auteur, Livre III. Part. I, où il prouve aussi cette force répulsive par d'autres phénomènes*». J. T. Desaguliers, *Cours de physique expérimentale*, 1751, t. 1, p. 18 et p. 41 pour ces deux citations.

¹⁰⁷ Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 3, pp. 165-168, pour cette citation et les suivantes.

¹⁰⁸ Comme nous l'avons déjà mentionné dans une précédente note, Desaguliers ne dit absolument rien de cela dans cette longue citation. A cet endroit de l'ouvrage, le physicien anglais explique pourquoi, dans une boule de verre choquée, «*le verre est plutôt rompu en dedans que vers sa surface, & - que cette partie rompue devient visible & brillante*». Pour cela, Desaguliers reprend la théorie des accès de Newton: «*On ne peut expliquer comment on la voit, ou comment le verre perd dans cet endroit sa transparence, sans avoir la connoissance de quelques propriétés de la lumiere qui ont été découvertes par le Chevalier Newton. Nous lisons dans son optique que les rayons de lumiere par rapport aux Corps transparens, ont des accès de facile transmission & des accès de facile réflexion. Ce seroit trop anticipé ici sur l'optique, que d'expliquer la cause qui produit ces accès dans les rayons de lumiere, & qui fait que les rayons de différente réfrangibilité ont un nombre différent de ces accès dans le même espace. Il suffit à notre dessein de faire voir ce qu'il entend par cette expression & d'appliquer le principe au cas présent. Quoiqu'un rayon de lumiere ait plusieurs centaines de ces accès, en parcourant l'espace d'un pouce (voyez l'optique de Newton) nous n'en supposons ici que cinq ou six...Maintenant si une boule de verre comme AFBED qui est entiere en dedans & en dehors, est exposée à un pareil rayon de lumiere qui la pénètre, tel que Rr, ce rayon la traversera entierement, parce que ses accès de facile réflexion arriveront toujours entre les couches où il n'y aura point de verre pour les rendre efficaces. Mais si par un coup donné à la boule en F, les couches se plient en dedans, de manière que la couche AB reste en arriere entre la couche suivante DE & l'endroit où elle étoit auparavant, alors le rayon de lumiere étant dans un accès de facile réflexion précisément dans cette couche, elle rendra cet accès efficace & fera réfléchir le rayon vers G, où un œil étant placé, verra l'endroit rompu dans le verre en C, ce qu'il falloit démontrer*». J. T. Desaguliers, *Cours de physique expérimentale*, 1751, t. 2, pp. 47-49.

loi de répulsion doit servir à expliquer la cause du ressort et il ajoute: «J'avoue que si les loix de l'attraction n'étoient pas mieux démontrées que celles de la répulsion, je n'aurois jamais embrassé le Newtonianisme...Pour ce qui regarde le magnétisme, l'électricité & le ressort, ce sont des effets que nous croyons avoir expliqué, sans avoir recours aux loix de la répulsion, comme à leur cause immédiate. Nous sommes fâchés que le grand Newton ait insinué cette manière de procéder en Physique dans plusieurs endroits de son Optique, & sur-tout dans la proposition huitième¹⁰⁹ de la troisième partie du livre second, où il part fort au long de la reflexion de la lumière». Puis, Paulian donne un long extrait de la trente et unième question¹¹⁰ du *Traité d'optique* où Newton précise sa pensée sur le sujet. Cependant, Paulian signale que «les preuves qu'apporte Newton de l'existence des loix de répulsion, sont aussi peu concluantes que celles du Docteur Désaguliers, & tout ce qu'on peut dire, pour l'excuser, c'est qu'il n'a donné ses questions d'Optique, que comme des doutes, & non pas comme des assertions». Il détaille ensuite une partie de la 31^{ème} question: «En effet, je le demande ; ces conséquences sont-elles bien directes. Il y a dans l'Algèbre des quantités affirmatives & des quantités négatives ; donc il y a dans la nature des loix d'attraction & des loix de répulsion. Les corps solides attirent quelquefois la lumière ; donc ils doivent quelquefois la repousser. La lumière sort du sein des corps lumineux ; donc elle en sort en vertu des loix de répulsion. Les

¹⁰⁹ Signalons que, dans cette proposition, Newton invoque l'action à distance pour cause de la réflexion lumineuse. Il rejette l'explication mécanique classique que défend Paulian et argumente en ce sens (nous l'avons développé en examinant l'article «réflexion» du *Dictionnaire de physique*): «Enfin, si la Reflexion des Rayons de Lumiere étoit produite par leur choq contre les parties solides des Corps, ces Rayons ne seroient pas réfléchis par les Corps polis, d'une manière si réguliere qu'ils le font: Car lorsqu'on polit le Verre avec du sable, de la potée, ou du tripoli, il n'est pas concevable que ces substances venant à frotter & user le Verre, puissent donner un poli si exact à ses plus petites parties... Il s'ensuit de-là, que si la Lumiere étoit reflechie en donnant sur les parties solides du Verre, elle seroit autant dispersée par le Verre le plus poli que par le plus raboteux. Reste donc à déterminer comment le Verre poli par des Substances qui sillonnent sa superficie, peut reflechir la Lumiere si régulièrement qu'il fait. Et à peine est-il possible de résoudre autrement ce Problème qu'en disant que la Reflexion d'un Rayon est produite, non par un point particulier du Corps reflechissant, mais par quelque puissance du Corps, qui est également répandue sur toute sa Surface, & par laquelle le Corps agit sur le Rayon sans le toucher immédiatement». I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 311-312.

¹¹⁰ Dans cette question, Newton évoque la possibilité d'une «force répulsive» ou «vertu repoussante» dans la nature.

particules de l'air dilaté se séparent, jusqu'à occuper un espace un million de fois plus grand que celui qu'elles occupoient auparavant ; donc il existe dans la nature des lois de répulsion. Les Mouches se promènent sur la surface des eaux, sans se mouiller ; donc il y a une force répulsive». Enfin, Paulian termine l'article de la sorte: «Ces raisonnements paroissent sans doute très-peu concluants ; ils sont tirés mot à mot de l'endroit de l'Optique de Newton, que nous venons de citer. Je le répète ; si les loix de l'attraction étoient fondées sur des pareilles preuves, je regarderois le Newtonianisme comme un système insoutenable».

Nous voyons une nouvelle fois avec cet article que Paulian refuse l'idée même d'une force de répulsion, c'est-à-dire d'une interaction à distance de type répulsif entre les corps, ignorant alors des faits fréquemment observés dans la nature (expériences d'électricité ou de magnétisme que décrit Desaguliers dans son *Cours de physique expérimentale*). Pour ce faire, Paulian commence l'article en arrangeant les propos de Desaguliers pris dans son ouvrage. Ainsi, il lui fait dire qu'il existe une loi de répulsion dans la nature au même titre que la loi d'attraction. L'idée de loi de répulsion a donc été ajoutée de manière intentionnelle bien que cela semble concorder avec les réflexions de Desaguliers sur des expériences particulières lui faisant voir les corps «*qui s'attirent mutuellement à certaines distances & dans certaines circonstances, se repoussent mutuellement à différentes distances & dans d'autres circonstances*». De plus, Paulian utilise une note de la sixième leçon de l'ouvrage de Desaguliers où, nous l'avons examinée, il n'est rien dit de cela puisque l'ensemble de la note vise à donner l'explication d'une expérience en utilisant la théorie des accès de Newton... Toujours pour rejeter cette idée de loi de répulsion, Paulian s'appuie sur ses explications des causes du ressort, du magnétisme et de l'électricité¹¹¹, d'autant que ce genre d'expériences peut faire croire, à première vue, en une action à distance répulsive. Bien que Paulian relève aussi que Newton croit en l'existence d'une loi de répulsion, il l'excuse néanmoins puisque, selon lui, il aurait plutôt exprimé des suppositions que des vérités dans ses questions du *Traité d'optique*. Paulian se montre beaucoup moins indulgent envers Desaguliers qui, dit-il, prend au premier degré les insinuations de Newton. Regardons de

¹¹¹ Nous trouvons ces trois explications dans le résumé que nous avons fait du troisième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*.

plus près ce que dit précisément Newton dans la 31^{ème} question de son *Traité d'optique* que Paulian dit avoir repris «mot à mot»: *«Et comme dans l'Algebre les quantités negatives commencent où les affirmatives disparaissent, ainsi dans la Mechanique la Vertu repoussante doit paroître où l'Attraction vient à cesser»*¹¹². Newton applique alors ce principe à plusieurs effets de la lumière: *«Or qu'il y ait une telle Vertu, c'est ce qui semble suivre des Reflexions & des Inflexions des Rayons de Lumiere: car dans ces deux cas les Rayons sont repoussés par les Corps, sans un contact immédiat du Corps qui cause ces Reflexions ou ces Inflexions. Cela suit encore, ce semble, de l'émission de la Lumiere, le Rayon n'étant pas plutôt lancé hors du Corps lumineux par les vibrations des parties de ce Corps, & sorti de la Sphere de son attraction, qu'il est poussé en avant avec une vîtesse excessive: car la Force qui dans la Reflexion est suffisante pour repousser un Rayon, peut l'être pour le pousser en avant »*. Pour lui, cela pourrait bien expliquer aussi les propriétés des gaz: *«Il semble aussi que cela suit de la production de l'Air & des Vapeurs: car les particules qui sont détachées des Corps par la chaleur ou la fermentation, ne sont pas plutôt hors de la portée de l'attraction du Corps, qu'elles s'éloignent de lui, & les unes des autres, d'une grande force, s'écartant quelquefois jusqu'à occuper plus d'un milion de fois plus d'espace qu'elles n'en occupoient auparavant sous la forme d'un Corps compact. Il ne paroît pas qu'on puisse rendre intelligible cette prodigieuse contraction & expansion, en supposant que les particules de l'Air sont élastiques & rameuse, ou semblables à des osiers roulés en forme de cerceaux, ni par aucun autre moyen que par une puissance repoussante qui les écarte les unes des autres»*. Newton ajoute d'autres observations de la nature qui le montrent encore: *«C'est en conséquence de cette même Puissance repoussante, qu'il semble que les Mouches marchent sur l'Eau sans se mouïller les pieds...& que deux Plaques de marbre polies qui tiennent ensemble par un contact immédiat, sont difficilement appliquées si exactement l'une contre l'autre, qu'elles tiennent ainsi ensemble»*. Nous voyons donc que Paulian ne reprend pas du tout «mot à mot» ce que dit Newton. Paulian donne une restitution trompeuse de cette partie de la 31^{ème} question. Il simplifie à l'extrême les propos de Newton pour pouvoir y insérer un épiphonème qui vise à répéter l'idée de lois de

¹¹² I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, pp. 579-582, pour cette citation et les suivantes.

répulsion dans la nature. Grâce à cette façon de procéder, Paulian veut amener son lecteur à le suivre dans son rejet des actions répulsives à distance.

Avant de donner nos conclusions sur la théorie de Paulian sur la lumière et ses différents effets, commençons par examiner les différences de traitement entre les articles examinés. Sans conteste, l'article le plus développé est celui sur les couleurs où Paulian donne souvent des explications qui ne proviennent pas de Newton. Il fait très souvent intervenir les différents pores de la matière pour interpréter les phénomènes colorés en arguant du fait que les cartésiens fournissent toujours des explications moins crédibles que lui. De cette manière, Paulian peut faire croire à son lecteur qui a conscience de l'opposition entre les physiques newtonienne et cartésienne que les explications de la couleur des corps (draps, teintures...) qu'il donne sont conformes à la physique de Newton. Cependant, cela n'est dû qu'à un effet de style qui relève le contraste existant entre ses explications et les thèses cartésiennes sachant que celles de Newton ne sont pas restituées lorsque cela ne lui convient pas. L'article «Lumière» est présenté d'une toute autre manière que le précédent puisque Paulian y expose, à la suite de la conception newtonienne, les sentiments de nombreux physiciens sur la nature et la propagation rectiligne de la lumière. Nous pouvons penser que, par cette manière de procéder, Paulian vise à monter sa préférence pour le système de Newton mais en restant tout de même prudent sur un sujet où l'état de la science de son temps n'est pas l'unanimité. L'article «Réfraction» représente une autre façon de montrer sa préférence pour l'explication newtonienne tout en émettant quelques réserves sur des cas particuliers où il fait intervenir une explication cartésienne (intervention des pores de la matière). Néanmoins, il faut remarquer que Paulian donne une interprétation qui n'a pas vraiment de sens physique. Ainsi, il aurait été tout à fait possible d'invoquer une double causalité pour ce phénomène sans pour autant devoir admettre des «*conditions sans lesquelles la cause Physique ne peut avoir aucun effet sensible*». De plus, il n'ajoute le sentiment de Nollet à ce sujet (celui de Lemmonier n'apparaît que dans la toute première édition) que pour renforcer l'idée qu'une action mutuelle à distance ne peut se faire que de façon attractive.

L'article «Réflexion» montre une opposition farouche de la part de Paulian envers la thèse newtonienne. Sur ce sujet, il utilise, nous l'avons démontré, les procédés le plus insidieux afin de donner une explication ayant l'air d'une vérité qui ne peut être contestée: la réflexion n'est autre que des corpuscules de lumière rebondissant sur les parties de la matière. De là, il faut chercher la cause dans le ressort de la matière, ce qu'il fait dans l'article élasticité dans lequel nous voyons, en fin de compte, Paulian devoir admettre les limites de sa pensée : *«Ce que nous avons dit jusqu'à présent sur les causes physiques de l'Elasticité des Corps, prouve qu'il n'est rien de plus difficile que la décision de cette question ; puisque les grands Hommes ont dit là-dessus des choses si peu satisfaisantes. Nous avons souvent occasion en Physique de faire cet aveu. Mais enfin peu nous importe de connoître la cause de l'Elasticité, pourvû que nous sçachions les règles qui s'observent dans le choc des Corps élastiques»*¹¹³. L'article «Diffraction» est, quant à lui, assez concis et, surtout, présente faussement le phénomène. Nous comprenons ce qui amène Paulian à agir ainsi: une description détaillée de la diffraction contredirait pour beaucoup ses thèses sur la lumière que l'on trouve dans les autres articles examinés. Il lui faut contourner cette difficulté pour que l'ensemble reste en cohérence. L'article «Cristal d'Islande» donne l'occasion à Paulian de rejeter l'idée de Newton qui imagine le rayon de lumière pouvant être orienté dans l'espace par des «forces particulières». Enfin, l'article «Répulsion» nous confirme ce qui avait été relevé dans plusieurs articles: Paulian n'admet pas que l'on utilise la force de répulsion à distance pour expliquer des phénomènes de la nature. Pour cela, il n'hésite pas en employer la ruse (usage de procédés rhétoriques, dissimulations, utilisations de citations qui ne sont pas exactes...).

¹¹³A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 2, p. 11

Conclusion

Dans la première partie de la thèse, nous avons montré comment Paulian élabore ses écrits. Il commence par un *Dictionnaire de physique portatif* publié en 1758 dont le développement progressif conduit au *Dictionnaire de physique* de 1761. Ce sont là des ouvrages d'apprentissage de la physique pour des amateurs ou des étudiants avec un parti pris avoué pour la physique de Newton et non pour la physique newtonienne comme Paulian le précise dans les préfaces de ses dictionnaires. Ainsi, bien que la physique newtonienne se fonde sur les écrits de Newton, celle-ci a quelque peu évolué lorsque Paulian s'empare du sujet à la fin des années 1750. Il marque donc une volonté de retourner aux sources de la pensée de Newton sans vouloir s'attacher aux interprétations d'auteurs qui s'en revendiquent (Voltaire, 's Gravesande, Musschenbroek, Sigorgne...). Dans son «*système de physique*», Paulian expose les principes de physique qui constituent le cœur du contenu de ses dictionnaires. Ses principes portent sur l'astronomie et l'optique laissant alors penser que, dans ces deux domaines de la physique, les explications provenant de Newton sont incontestables. Les dictionnaires de physique peuvent se lire comme un manuel d'apprentissage progressif de la physique (dans l'article «Physique», Paulian donne une méthode adaptée pour entreprendre efficacement la lecture de l'ouvrage). Nous observons que le *Dictionnaire de physique* reprend le *Dictionnaire de physique portatif* dans la mesure où Paulian ajoute des articles nouveaux ou développe plus ou moins des articles déjà présentés dans le premier ouvrage¹. Très rapidement après ses deux premiers ouvrages, Paulian en fait paraître un troisième qui semble, par son titre, bien différent des deux autres. Ainsi, son *Traité de paix entre Descartes et Newton* fait apparaître le philosophe français disparu depuis plus d'un siècle pour qui les précédents dictionnaires de Paulian ne semblaient pourtant pas accorder une si grande importance. Pourtant, dans la préface du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, il explique qu'il entend autant emprunter à l'œuvre de Descartes qu'à celle de Newton qu'il présente dans les deux premiers volumes des trois que comporte l'ouvrage. Notons que, sur le plan de la physique, il continue de n'utiliser que

¹ Remarquons qu'il peut y avoir quelques petites modifications entre articles similaires mais jamais de transformation profondes des contenus.

les physiques propres à Newton et Descartes sans tenir compte des évolutions qu'elles ont pu connaître avec d'autres physiciens. Paulian s'engage ici sans aucun parti-pris (soi-disant) pour réaliser son dessein: proposer un système de physique «*Newto-cartésien*» dans le troisième tome de l'ouvrage. Avant d'en venir à cet étonnant système, il nous faut d'abord faire quelques remarques générales sur les physiques que renferment les deux tomes qui débudent l'ouvrage. Dans le premier, Paulian s'étend beaucoup sur les contenus de deux livres connus de Descartes, son *Traité de la méthode* et son *Traité de philosophie*, où nous retrouvons la majorité de ce que dit le philosophe sur la physique. Remarquons que Paulian n'hésite jamais à donner son avis sur le contenu surtout quand il n'est pas d'accord. De plus, il ne développe aucune des améliorations apportées à la théorie de Descartes par les «grands cartésiens»². Cette manière de procéder donne l'impression que, depuis Descartes, les concepts sont restés figés jusqu'à la présentation qu'en donne Paulian en 1763, ce qui n'est, bien entendu, pas le cas. L'exemple le plus connu étant celui des tourbillons de Descartes plusieurs fois modifiés³ pour les rendre plus conformes aux faits observés. Paulian pratique donc une lecture intemporelle de la science où l'on peut sans aucun problème utiliser des éléments qui ont plus d'une centaine d'années sans pour autant se soucier de l'histoire qu'ils ont pu connaître. Cela est encore vrai pour le second tome où Paulian donne son interprétation de la physique de Newton⁴. Dans ce volume, nous remarquons que Paulian fait un compte rendu très détaillé du *Traité d'optique*. Nous pouvons penser qu'il agit ainsi car il faut peu de pré-requis mathématiques pour comprendre l'ouvrage contrairement aux *Principes de mathématiques de la philosophie naturelle*⁵. Sur ce dernier, Paulian donne un résumé

² L'on nomme ainsi les physiciens qui, se réclamant de la pensée de Descartes, ont fait évoluer sa théorie qui ne correspondait pas toujours aux faits observés. Parmi ces physiciens, nous relevons Malebranche et Privat de Molières.

³ A ce sujet lire: R. Locqueneux, «Fontenelle et les tourbillons cartésiens à l'aube des lumières», *S&TP*, IIe série, 3, 1999, fasc. 2, pp. 447-480.

⁴ Dans le cas du *Traité d'optique*, nous pouvons tout de même tempérer quelque peu notre propos puisque l'ouvrage publié pour la première fois en 1704 n'a été traduit en français qu'en 1720, soit moins de quarante ans avant les premières parutions de Paulian.

⁵ Remarquons d'ailleurs que les mathématiques pratiquées dans cet ouvrage de 1687 ne sont plus vraiment d'actualité au moment de sa traduction française en 1756.

souvent teinté de mathématiques que nous n'avons restitué que de façon morcelée portant notre regard sur les principes de la mécanique de Newton. Nous avons volontairement omis de mentionner les contenus sur l'astronomie que Paulian admet dans son ensemble. La présentation du *Traité d'optique* par Paulian étant très complète, nous l'avons examinée en détail. Il est à noter que Paulian donne très souvent son avis sur les contenus quand ceux-ci ne lui plaisent pas comme c'est le cas pour les second et troisième livres de l'ouvrage. Cependant, à ce stade de notre thèse, il nous est encore bien difficile de conclure quoi que soit des intentions de Paulian.

Dans le troisième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, nous avons extrait les physiques générale et terrestre de Paulian qui constituent le cœur de son ouvrage. Nous avons alors décelé une donnée essentielle: les explications de Paulian font intervenir dans leur grande majorité une mécanique de contact et les actions à distance interviennent peu. Les seules exceptions s'appliquent à la gravité et à la réfraction de la lumière. Sur la gravité, voici comment Paulian justifie l'exception: «*La gravité des corps ne dépend d'aucune cause seconde, immédiate & mécanique. Elle dépendra donc de la cause première, ou pour mieux dire, des loix générales que la Cause première a établies au commencement du monde*⁶»⁷. En outre, il croit en l'existence d'un plein sensible composé d'une multitude de fluides rares (la lumière, le feu, l'électricité...). Sa physique générale consiste pour l'essentiel à préciser ses idées sur chacun de ces fluides. Ainsi, il explique que la lumière est constituée de corpuscules remplissant l'espace pouvant s'immiscer dans les pores des corps. Il est intéressant de voir qu'à ce sujet, Paulian ne donne son sentiment que pour la propagation et la réfraction de la lumière, laissant alors les autres effets de la lumière sans aucune explication. A chaque fois, il donne une version «*Newto-Cartésienne*» en reprenant les explications de Newton et en incorporant des éléments cartésiens. Lorsqu'il convient que la propagation de la lumière peut se faire par impulsion, il prend la thèse de Dortous de Mairan disant qu'il existe une atmosphère solaire que l'on ne voit pas. Ainsi, pour pouvoir accorder les physiques de Newton et de Descartes sur la propagation de la lumière, Paulian s'appuie sur une «découverte»

⁶ Remarquons que cela n'est pas conforme aux théories des «grands cartésiens» comme l'abbé de Molières ou Dortous de Mairan qui imaginent des tourbillons d'un fluide éthéré pour expliquer la gravité.

⁷ A.-H. Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 1763, t. 3, pp. 112-113.

récente. Pour la réfraction, il mentionne des cas où la deuxième loi de Descartes ne s'applique plus. Reprenant l'explication de Newton faisant intervenir l'attraction à distance, Paulian fait alors jouer un rôle aux pores de la matière. Une nouvelle fois, il dit accorder les physiques de Newton et de Descartes mais, cette fois, il ne le fait plus sur la base d'une hypothétique découverte mais d'observations éprouvées où la réfraction ne suit pas la règle générale. Or, Descartes ne dit jamais explicitement que la matière possède des pores: il les utilise pour faire des «comparaisons»; ainsi prend-il l'exemple d'une «cuve remplie de raisins à demi foulés» pour concevoir la propagation rectiligne de la lumière. Paulian procède, lui, à un glissement sémantique et physique car il fait intervenir effectivement des pores de la matière. A propos du feu, Paulian propose une explication qui fait appel à des tourbillons de différents ordres faits de globules eux-mêmes de différents ordres. Il dit avoir eu l'idée en conjuguant les tourbillons de Descartes – qu'il rejette par ailleurs – et l'attraction universelle de Newton. Cette idée est encore reprise à plusieurs autres endroits de sa physique générale. Ainsi, nous retrouvons des tourbillons d'air pour rendre compte de l'élasticité de la matière ou des tourbillons de lumière pour expliquer la réflexion de la lumière. Or, les fluides subtils ne sont pas toujours présentés par Paulian sous forme de tourbillons comme pour son fluide électrique ou bien encore son fluide pressant la matière pour expliquer sa solidité. Lorsqu'il fait référence aux tourbillons de différents ordres, il est bien difficile de le suivre. Ainsi, si un corpuscule central infiniment plus grand qu'une infinité de corpuscules en rotation autour de lui forme un tourbillon, nous devrions envisager pour chaque tourbillon deux types de corpuscules d'air, de feu, de lumière... Relevons encore que l'on retrouve des tourbillons de différents ordres chez les «grands cartésiens»⁸ et, à l'évidence, Paulian reprend leur idée de façon marginale dans sa physique «Newto-Cartésienne».

⁸ Les tourbillons que conçoit Paulian ne sont pas vraiment ceux de Malebranche, de Privat de Molières ou de Fontenelle qui s'appliquent uniquement au domaine céleste: «*Les grands Tourbillons qu'admettent les Cartésiens mitigés, sont formés de très-petits tourbillons élastiques; ces petits tourbillons ont deux mouvements circulaires, l'un au-tour d'un centre commun, & l'autre au-tour de leurs centres particuliers: c'est-là ce que l'on nomme tourbillons composés*». A.-H. Paulian, *Dictionnaire de physique*, 1761, t. 3, p. 321.

Sur la façon dont Paulian prend en compte les explications newtoniennes faisant intervenir des actions à distance autrement que dans les cas de la gravité et de la réfraction de la lumière, nous trouvons des considérations à ce sujet dans les parties sur la dureté, sur les tubes capillaires et sur les aimants. A chaque fois, nous remarquons que Paulian s'efforce de donner d'autres explications. Ainsi, sur la cohésion de la matière solide, Paulian ne retient pas celle disant que la dureté est due à une attraction à distance qui agit en raison inverse du cube des distances. Pour lui, la loi d'attraction ne peut qu'agir en raison inverse du carré des distances et il ajoute une pression exercée par le fluide environnant pour expliquer la dureté. De même, sur les aimants, il rejette l'attraction à distance en invoquant l'existence de corpuscules magnétiques ayant des directions particulières. Il décrit aussi des pores particuliers aux aimants. De cette manière, il peut expliquer certains faits magnétiques. Enfin, la partie sur les tubes capillaires est un autre exemple où Paulian s'efforce à discréditer les actions à distance des physiciens newtoniens. Par exemple, Sigorgne fait intervenir une attraction dépendant des différences de densités entre le verre du tube et le liquide. Paulian, lui, fait correspondre ce phénomène aux différences de pressions d'un fluide environnant sur les liquides dans le tube et hors du tube. Quand les faits sont contraires à cette interprétation, Paulian prend en compte les différentes aspérités du tube ou encore les différentes viscosités des liquides. Ainsi, nous voyons bien, avec ces trois domaines de la physique, qu'à chaque fois, Paulian n'utilise pas l'attraction à distance dans ses explications et préfère utiliser un fluide dont l'existence s'avère tout aussi hypothétique. A contrario, pour expliquer les vents, Paulian invoque l'attraction à distance... Nous remarquons donc qu'en la matière, Paulian ne suit aucune règle prédéfinie si ce n'est peut-être une disposition à aller à contre courant des explications de physiciens newtoniens. Remarquons encore que pour composer sa physique «*Newto-Cartésienne*», Paulian se sert à outrance de connaissances que lui apportent des ouvrages de physique expérimentale. L'action scientifique de l'auteur est très caractéristique d'une époque où la pensée empiriste est très présente en physique bien qu'il n'expérimente que très peu lui-même. Avec Paulian, nous sommes très éloignés des pratiques scientifiques de Nollet ou bien de Musschenbroek qui exercent en laboratoire et utilisent de nombreux instruments scientifiques. Paulian remplace, en quelque sorte, le laboratoire par sa bibliothèque de livres de physique expérimentale où il puisse de nombreux résultats

d'expériences. Dans l'ensemble de ses physiques générale et terrestre, Paulian ne fait référence qu'une seule fois à une expérience qu'il réalise lui-même⁹, ce qui semble peu mais ne constitue pas un frein pour ses réflexions. Il faut dire qu'à cette époque, il existe un grand nombre de bons ouvrages sur la physique expérimentale, ce qui était moins le cas trente ans plus tôt¹⁰. En réalisant de nombreux glissements sémantiques pour constituer sa physique «*Newto-Cartésienne*», Paulian semble croire qu'il suffit d'associer intelligemment les physiques de Newton et de Descartes qu'il adapte à sa façon pour obtenir des explications satisfaisantes à certains phénomènes de la nature. Quand cela n'est pas possible, il s'écarte alors de cette ligne de conduite en proposant ses propres conjectures dans lesquelles il ne fait presque jamais appel à l'action à distance. En faisant intervenir les fluides subtils dans ses explications, il peut être amené à s'inspirer fortement de travaux cartésiens mais ne relève alors jamais ses sources. Ainsi, nous devons reconnaître que Paulian édifie une physique «*Newto-Cartésienne*» qui manque de cohérence¹¹, à l'opposé des grands traités de physique de 's Gravesande, Musschenbroek ou encore de Nollet. Par exemple, dans la préface de son *Essai de physique*, Musschenbroek donne les préceptes à suivre pour bien étudier la physique et mentionne les défauts souvent rencontrer: *«C'est en faisant toutes ces recherches, que j'ai souvent remarqué le peu d'exactitude de plusieurs Philosophes dans la Description qu'ils nous ont donné de leurs Expériences, & dans la maniere dont ils s'y sont pris pour les faire. Je n'ai pas été moins surpris, de voir la précipitation avec laquelle ils tiroient des conclusions générales, & établissoient des regles & des principes, qui n'avoient d'autre fondement qu'une ou deux Expériences, sur lesquelles on ne pouvoit pas beaucoup compter. Je veux bien reconnoître ici, que je suis assez souvent tombé dans l'erreur pour avoir suivi de si mauvais guides. Mais qu'il est difficile de se précautionner contre ces sortes d'écueils ! Est-il possible en effet de refaire toutes les Expériences de ceux qui ont*

⁹ Il dit avoir répété plusieurs fois l'expérience qui montre qu'une goutte d'eau coulant par gravité sur la partie extérieure d'un tube capillaire qui arrive à l'ouverture du tube se trouve comme «aspirée» en partie à l'intérieur du tube.

¹⁰ Lire sur le sujet: R. Locqueneux, «La physique expérimentale vers 1740: expériences, systèmes et hypothèses», *Cirey dans la vie intellectuelle, La réception de Newton en France* (F. de Gandt éditeur), 2001, Voltaire Foundation, Oxford, pp. 90-111.

¹¹ Paulian assemble des pièces des physiques de Descartes et Newton de façon disparate un peu à l'image du facteur Cheval qui réalise une construction monumentale faite de bric et de broc.

travaillé avant nous, & d'en examiner de nouveau toutes les circonstances ? En vérité je ne crois pas que personne soit jamais en état de le faire. Après tout, comme je n'ai d'autre but que de découvrir la vérité, & de la suivre par tout où je la trouve, je ne rougis pas de me rétracter, lorsque je m'apperçois d'être tombé dans l'erreur. Je suis cependant bien éloigné de me flater, d'avoir toujours rencontré juste dans ce que j'ai avancé, & de ne m'être trompé en aucun endroit. Il y auroit sans doute de l'extravagance à penser de la sorte, & on auroit lieu de me faire ce reproche. La physique est une science qui se perfectionne chaque jour, les Philosophes qui viendront après nous feront de nouvelles découvertes, & il y a tout lieu de croire que dans un Siecle les choses paroîtront tout autrement, qu'on ne les envisage aujourd'hui»¹². Nous voyons donc que Musschenbroek montre une clairvoyance d'esprit en la matière qui contraste beaucoup avec ce que fait Paulian pour élaborer sa physique «Newto-Cartésienne».

En examinant les contenus du *Traité d'optique* dans le 5^{ème} chapitre, nous avons relevé que, selon la théorie des accès qui explique les couleurs des lames minces, les rayons de lumière sont capables de communiquer au milieu diaphane dans lequel ils pénètrent leurs accès de facile réflexion et de facile transmission. Ces accès sont «transportés» dans le milieu diaphane (peu importe, dit Newton, comment cela se fait) qui se voit agir à son tour sur les rayons de lumière au moment où ils atteignent la sortie. Si le milieu diaphane se trouve dans un accès de facile réflexion, le rayon est réfléchi mais en présence d'un accès de facile transmission, il est alors réfracté. Newton applique cela aux miroirs concaves obtenus avec des plaques transparentes et épaisses. Les observations obtenues s'intègrent parfaitement à sa théorie, ce qui valide expérimentalement les principes théoriques définis avec les plaques minces. En outre, à la fin de sa 31^{ème} question, Newton explique qu'il n'emploie que la méthode analytique dans les deux premiers livres de son ouvrage et que le troisième livre n'est que l'ébauche de cette méthode que d'autres physiciens pourraient suivre. Or, bien que les deux premiers livres semblent être le fruit de la méthode expérimentale, l'œuvre, dans son ensemble, est orientée par un système préétabli. Newton est convaincu du caractère corpusculaire de la lumière (d'où la mise en œuvre d'expériences qui conduisent à affirmer ce en quoi il croit au départ). Ainsi, comme il le dit lui-même dans une de ses

¹² P. Musschenbroek, *Essai de physique* (trad. française), «Préface», 1751, t. 1, pp. 10-11.

questions, sa théorie des accès ne pourrait être envisageable si la lumière était une onde... En tout cas, l'étude des questions montrent que Newton n'est pas opposé à l'idée d'un éther remplissant l'espace. De plus, pour lui, cet éther permettrait aussi de rendre compte de l'action à distance. A partir de là, l'étude comparative que nous avons faite dans le chapitre 5, nous a permis de voir que Paulian extrait de l'œuvre de Newton uniquement ce qui lui semble satisfaisant. Il supprime ainsi des parties de l'œuvre et en transforme d'autres. Il dissimule la théorie des «accès» qui est pourtant essentielle pour comprendre l'optique de Newton dans sa globalité et il ne prend pas la peine de rendre compte de la partie sur la diffraction. L'examen des contenus des questions du *Traité d'optique*, nous a ainsi permis de distinguer le vrai et le faux dans la partie correspondante du second tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*. En outre, nous nous sommes rendu compte que Paulian ne mentionne jamais Huygens et sa théorie ondulatoire de la lumière contrairement à Newton dans quelques unes de ses questions. Paulian dit relativiser l'importance des questions dans l'optique de Newton en expliquant qu'il ne faut pas «confondre la physique de Newton avec celle que renferment ses 31 questions». Ainsi, il semble que Paulian ait des convictions en optique qui se démarquent sensiblement de celles de Newton. Pour lui, la réflexion de la lumière ne procède pas d'actions à distance, il n'est pas nécessaire de faire intervenir l'éther dans une théorie corpusculaire de la lumière, l'action à distance ne peut-être qu'attractive et jamais répulsive... Lorsque nous réfléchissons aux intentions qui l'ont poussé à agir de la sorte, tout d'abord, nous pouvons penser que comme le contenu du *Traité d'optique* n'est pas toujours d'une compréhension aisée, Paulian préfère en donner une restitution «allégée». Or, nous voyons que les simplifications de Paulian ne sont pas uniquement de cet ordre là puisqu'il effectue des modifications grossières qui montrent à l'évidence que certaines parties ne lui conviennent pas. Mais pourquoi donc ? Y-aurait-il dans l'œuvre de Newton des conséquences qu'il ne faudrait pas soulever ? Oui, nous l'avons relevé, car l'œuvre de Newton fait voir des effets lumineux qui se répètent. C'est le cas pour les couleurs des lames minces en fonction des épaisseurs et pour les franges obtenus à l'écran en fonction des distances avec l'objet diffractant. Il y a donc quelque chose de périodique à tout cela qui ne concorde pas vraiment avec la théorie de l'émission... Plutôt que d'amener à croire en l'existence des corpuscules lumineux, les anneaux colorés et l'inflexion de la lumière sembleraient plutôt porter à penser à des phénomènes ondulatoires. Ainsi,

puisque ces développements dans le *Traité d'optique* ne satisfont pas au système de l'émission, Paulian préfère les supprimer de son résumé. D'ailleurs, il ne dit rien non plus du long raisonnement de Newton dans une de ses questions qui vise à montrer que le système des ondes ne peut s'appliquer convenablement à la lumière. Nous voyons donc que Paulian inscrit pleinement sa pensée dans le système de l'émission et qu'il fait en sorte de positionner l'œuvre de Newton dans ses limites ¹³.

Pour étendre nos connaissances sur l'optique de Paulian, nous avons examiné dans un dernier chapitre plusieurs articles du *Dictionnaire de Physique*. En comparant ces articles et le *Traité de paix entre Descartes et Newton*, nous n'avons découvert que très peu de contradictions dans la pensée de Paulian. Cependant, nous relevons des différences importantes sur les causes de l'élasticité des corps. En examinant, l'article «Elasticité» du *Dictionnaire de physique*, nous avons vu que Paulian fait intervenir un éther ¹⁴ dont l'action dilate les corps pour les remettre dans leur état d'équilibre. Or, dans le troisième tome du *Traité de paix entre Descartes et Newton*, Paulian donne pour cause de l'élasticité la présence de l'air formant de multiples tourbillons à l'intérieur des corps. Pour le cas particulier de la lumière, ces tourbillons sont constitués de corpuscules lumineux mais le principe reste le même. Au bout du compte, cette idée amène Paulian à penser, dans l'article «Réflexion», que la cause de l'élasticité de la lumière n'est autre que la force centrifuge ! Cependant, cette force centrifuge n'aurait-elle pas une faculté de répulsion ? Ne serait-elle pas une façon «détournée» de parler d'une force de répulsion ? Pourtant, dans tous les articles examinés, Paulian rejette l'idée de répulsion à distance dans la nature comme d'autres avaient auparavant combattu ardemment l'idée d'attraction à distance. Nous pouvons donc penser qu'il imagine que la force centrifuge du tourbillon se fait par impulsion et non pas à distance ¹⁵. Ainsi, dans les différents articles sur la lumière et ses effets, Paulian préfère donner des explications incertaines (surtout pour la réflexion) ou traiter les sujets plus simplement qu'ils ne devraient l'être (diffraction et

¹³ Cela monte la relative diffusion des expériences de Newton à l'époque de Paulian.

¹⁴ Signalons que dans beaucoup d'écrits anciens (dans ceux de Newton par exemple) le fluide subtil est muni d'une majuscule (Ether).

¹⁵ Nous nous trouvons ici confrontés à toute l'ambiguïté de l'emploi du mot force dans les explications, la notion de force en physique n'étant pas encore bien définie à cette époque.

couleurs) que d'en arriver à invoquer la force répulsive. Dans son *Traité d'optique*, Newton imagine la force attractive devenir répulsive dans certaines circonstances. Dans sa 29^{ème} question, il explique la répulsion comme un effet relatif à l'attraction des milieux. Ainsi, l'attraction exercée sur la lumière par un milieu transparent plus dense est plus grande que celle exercée par un autre milieu transparent moins dense. En passant du premier au deuxième milieu, le rayon de lumière peut être totalement réfléchi, ce qui paraît être un effet répulsif. Or, signalons que jamais, dans son ouvrage, Newton ne mentionne l'existence de la réflexion partielle (ni de la réfraction partielle d'ailleurs) qui, nous le comprenons, ne convient plus à l'explication précédente puisqu'il y aurait forcément un effet répulsif sur une partie de la lumière et un effet attractif sur l'autre... Paulian n'en parle pas et doit certainement avoir conscience du problème (peut-être rejette-t-il la force de répulsion à cause de cela ?). Ainsi, pour Paulian, il existe une loi d'action à distance de type attractif et en fonction inverse du carré des distances et pour les phénomènes où cette loi n'intervient pas, Paulian invoque son «*plein sensible*» composé de divers fluides rares¹⁶ comme nous l'avons vu en examinant son système «*Newto-Cartésien*». De plus, dans plusieurs articles étudiés, Paulian se sert des pores de la matière. Nous les retrouvons pour la réfraction, la réflexion et les couleurs. A ce sujet, nous pouvons d'abord penser que l'idée est peu prouvée scientifiquement et que Paulian l'utilise donc pour compenser ses carences explicatives. Or, l'idée de pores dans la matière est assez répandue à la fin du 17^{ème} siècle comme nous pouvons le lire dans le *Traité sur la lumière* de Huygens publié en 1690¹⁷. Toutefois, pour le physicien hollandais les «pores» ne peuvent être, au mieux, que les interstices existant dans la matière. Quant à Paulian, il adapte une idée que l'on retrouve souvent chez Descartes, qui imagine (à des fins de comparaison, nous l'avons dit plus haut) dans ses explications des parties de la matière ayant des formes géométriques (rondes, plates...) ou des surfaces particulières (lisses, rugueuses...). Dans l'article «Couleurs», Paulian fait souvent usage de pores différents pour justifier du passage ou de l'exclusion des différents corpuscules

¹⁶ Remarquons que Newton raisonne aussi avec différents fluides dans ses questions: «*Si l'on suppose que l'Ether, comme notre Air, soit composé de particules qui tâchent à s'écarter les unes des autres, (car je ne sçai ce que c'est que cet Ether) & que ses particules soient excessivement plus petites que celles de l'Air, ou même que celles de la Lumière*». I. Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, p. 522.

¹⁷ «*Il y a au reste plusieurs effets naturels qui semblent demander une matiere extremement agitée, & qui penetre facilement par les pores des corps*». C. Huygens, *Traité de la lumière*, 1690, p. 144.

de lumière. Cependant, nous avons décelé quelques incohérences. Par exemple, les plus petits corpuscules sont les seuls à être interdits de passage dans les pores les plus grands... Nous arrivons là aux limites explicatives de l'utilisation de pores différents quand l'expérience montre le contraire. Néanmoins, il est bien difficile de renoncer aux conjectures qui conviennent dans la grande majorité des cas et Paulian ne fait pas exception à cela. En outre, il imagine des masses différentes pour les corpuscules lorsqu'il reprend les propos de Newton venant de sa 29^{ème} question où sont évoquées leurs différentes «grosseurs» pour expliquer les couleurs. Cependant, l'utilisation du terme «grosueur» n'est pas sans ambiguïté et il n'est pas certain que Newton voulait parler des masses comme Paulian le pense. D'ailleurs, avec des corpuscules de masses différentes, la force réfringente devrait alors dépendre de la couleur et, cela, Newton ne le dit jamais dans son *Traité d'optique*. Pour que la force réfringente d'un milieu reste constante quelques soient les couleurs, il faudrait alors que les corpuscules de masses différentes aient aussi des vitesses différentes ¹⁸.

Avec sa physique, Paulian se situe donc à la charnière de deux mondes scientifiques. Le premier recherchant la vérité dans une mécanique déployée à l'origine du monde par la toute puissance Divine, l'autre qui prend progressivement place et où la science se satisfait d'une théorie incomplète à partir du moment où elle explique et prédit les phénomènes de la nature. Paulian, lui, a recourt à l'action distance comme abstraction mathématique pour expliquer la gravité ainsi que la réfraction de la lumière sans qu'il ne dise à aucun moment vraiment pourquoi. Il est vrai que l'emploi des mathématiques dans la physique s'est avéré très fécond pour ce qui concerne la gravitation universelle ¹⁹. L'exactitude des lois mathématiques suffisent à la compréhension de Paulian d'autant

¹⁸ A noter que Newton indiquait la possibilité de vitesses différentes des corpuscules de lumière dans ses premiers travaux d'optique réalisés vers 1665. A ce sujet, lire le texte: «La théorie de la lumière et des couleurs dans l'œuvre et la vie de Newton» de Michel Blay qui explique à propos des notes du savant: «Puis, guidé par une conception corpusculaire de la lumière, Newton parvient dans ce texte à une interprétation qui associe un modèle hétérogène de la lumière blanche (les corpuscules constituant les rayons incidents possèdent soit des vitesses, soit des masses ou grandeurs différentes) et un processus de la genèse des couleurs qui se situe dans le prolongement direct de la version mécaniste des théories de la modification». C. Biet et V. Jullien (éd.), *Le siècle de la lumière*, 1997, p. 129.

¹⁹ Le retour de la comète de Halley (1758), prédit par la théorie, en est le parfait exemple.

que personne n'a été capable d'expliquer les choses autrement (il fait référence aux diverses tentatives cartésiennes). Néanmoins, cette approche scientifique propre aux seules gravité et réfraction n'était pas exactement celle de Newton. La mécanique de Paulian englobe l'action à distance sans autre interrogation alors que, dans ses questions du *Traité d'optique*, Newton montre sa volonté d'aller au-delà dans la compréhension en faisant intervenir un fluide qui échappe aux sens... Pour tous les effets lumineux, Paulian exclut toute intervention d'un éther quel qu'il soit. Pourtant, dans sa physique «*Newton-Cartésienne*», Paulian invoque un plein sensible constitué des différents fluides subtils: le fluide lumineux, le fluide électrique, le fluide igné, le fluide environnant qui donne toute sa dureté aux corps et qui presse les liquides dans les tubes capillaires, les fluides magnétiques... En outre, il semble d'ailleurs trouver quelques similitudes pour certains fluides (l'igné et l'électrique). Paulian n'est donc pas opposé à l'idée de fluide subtil ²⁰ tel l'éther mais interdit les interactions entre les différentes familles de ces fluides comme le fait Newton même si celui-ci se défend de concevoir la lumière comme un fluide pour mieux rejeter la théorie ondulatoire. Pour Paulian, les interactions de la lumière avec des fluides subtils sont exclues puisqu'il considère que la lumière faite de corpuscules n'est propre à interagir qu'avec la matière. Ainsi, le système corpusculaire de Paulian est totalement hermétique à toutes les interactions autres que celle entre la lumière et la matière. De là, selon les cas, il faut invoquer des interactions à distance (attraction) ou de contacts (impulsion). Paulian regroupe donc les différents effets lumineux en ces deux catégories pour les expliquer. L'impulsion pour la propagation rectiligne, la réflexion et les couleurs, l'attraction pour la réfraction et l'inflexion mais aussi parfois les deux à la fois. Ainsi, dans son *Dictionnaire de physique*, Paulian réécrit l'optique newtonienne, il la simplifie pour pouvoir mieux la fonder dans une théorie corpusculaire encore plus hermétique à la théorie ondulatoire qui la concurrence que ne l'était la théorie initiale de Newton.

Toutes ces modifications de l'optique newtonienne dans les articles du *Dictionnaire de physique* de Paulian ont une influence sur les lecteurs. Paulian leur donne ses représentations faites de raccourcis de pensée. Les articles induisent donc, au-delà des connaissances qu'ils apportent, une certaine manière de voir les choses. Par exemple,

²⁰ Signalons que les fluides dont parle Paulian seront appelés plus tard les fluides impondérables.

Paulian insiste sur le fait que les questions de Newton à la fin du *Traité d'optique* ne sont pas essentielles pour comprendre l'œuvre et, en ce sens, elles peuvent être négligées comparées au reste. Or, c'est dans les questions que nous trouvons les réflexions de Newton faisant intervenir l'éther, où il invoque une «*puissance*» répulsive dans la nature, et où il avoue (enfin) une simple préférence pour la théorie de l'émission en invoquant les corpuscules de lumière. Nous voyons donc que les questions ne s'accordent pas vraiment avec les idées que défend Paulian: rejets de l'éther de Newton, de la force répulsive et franc soutien à la théorie corpusculaire. En outre, la coloration des lames minces et la diffraction sont deux phénomènes qui ne s'accordent pas facilement à la théorie corpusculaire et les lecteurs pourraient donc douter de cette théorie en ayant connaissance de ces deux phénomènes présentant des périodicités évidentes. Pour ces raisons, Paulian ne parle à aucun moment des colorations obtenues avec les lames transparentes et simplifie beaucoup les manifestations de la diffraction. Ainsi, les lecteurs, dans l'ignorance de ces complications, seront ainsi davantage porter à croire à une théorie corpusculaire mise en œuvre dans le *Traité d'optique*. Signalons aussi que Paulian modèle à sa façon une optique newtonienne et non pas seulement de Newton car il n'hésite pas à prendre position contre des développements effectués par des newtoniens influents comme Desaguliers. De plus, d'une façon générale, Paulian est représentatif d'une physique dans laquelle l'emploi de forces de tous types n'est pas très développé ²¹. Sur ce plan, il fait des restrictions qui montrent que son acception du concept est réduite à un seul type de force.

En outre, dans le paysage de la diffusion d'œuvres scientifiques pour un public cultivé mais néanmoins souvent néophyte, le syncrétisme employé par Paulian le situe non seulement comme «*passer de savoirs*» mais encore comme acteur à part entière dans l'avancée des sciences. Ainsi, il donne l'impression que tout «*honnête homme*» peut contribuer à perfectionner les sciences sans pour autant appartenir ou fréquenter les grandes institutions. Son œuvre fait croire au lecteur qu'il est actif dans son apprentissage de la physique, grâce notamment au style d'écriture utilisé. Ainsi, les connaissances contenues dans ses ouvrages se parent de nombreux conseils ou autres indications prenant

²¹ Le concept de force sera fréquemment utilisé dans le *Système du monde* de Laplace qui impulsera les recherches en physique analytique en France vers la fin du 18^{ème} siècle.

à parti le lecteur. En d'autres termes, Paulian cherche à amener son lecteur là où il veut... Nous pouvons ainsi comparer cette façon de faire de Paulian cherchant à masquer ses intentions avec celle d'un autre ouvrage à succès de cette époque et adapté au même public: les *Lettres à une princesse d'Allemagne sur divers sujets de physique et de philosophie* (les lettres sont datées de 1760) publiées par Léonhard Euler. Dans cet ouvrage, les lettres XVII à XXXI sont consacrées à l'optique et nous y retrouvons certains sujets sur la lumière et ses effets que nous avons examinés dans les articles du *Dictionnaire de physique*. Dans ces lettres, il apparaît tout d'abord qu'Euler rentre très vite dans le vif du sujet: deux grands systèmes sont en concurrence, celui de l'«*émanation*» et l'autre, ayant sa préférence, faisant intervenir les vibrations d'un éther. Dans sa lettre XVIII, Euler remarque: «*QUELQUE'ETRANGE que puis paroître à V. A.* ²² *le sentiment du célèbre Newton, que les rayons proviennent du soleil par une émanation actuelle, il a pourtant trouvé une approbation si générale, que presque personne n'osoit en douter. Ce qui y a le plus contribué, c'est sans-doute la grande autorité de ce philosophe anglois, qui le premier a découvert les véritables loix des mouvements des corps célestes. Or cette même découverte l'a porté au système de l'émanation*» ²³. Cependant, Euler voit les choses tout autrement: «*QUANT à la propagation de la lumière par l'éther, elle se fait d'une manière semblable à celle du son par l'air ; &, ainsi que l'ébranlement causé dans les particules de l'air constitue le son, de même l'ébranlement des particules de l'éther constitue la lumière ou les rayons de la lumière, ensorte que la lumière n'est autre chose, qu'une agitation soit ébranlement, causé dans les particules de l'éther, qui se trouve partout, à cause de l'extrême subtilité avec laquelle il pénètre tous les corps*». Ainsi, avec Euler, les deux systèmes sont bien identifiés et il peut poursuivre avec des effets de la lumière jugeant alors de la crédibilité des explications dans les deux systèmes. Sans entrer dans les détails de cet ouvrage, notons qu'Euler ne développe pas autant les sujets sur la lumière et ses effets ²⁴ que ne le fait Paulian avec son *Dictionnaire de physique*. Néanmoins, il a le mérite de bien poser le problème au départ bien qu'il s'emploie tout au long de ses lettres à convaincre de la

²² Abréviation pour Votre Altesse.

²³ L. Euler, *Lettres à une princesse d'Allemagne*, 1775, t. 1, pp. 68-77, pour cette citation et la suivante.

²⁴ Par exemple, Euler ne parle jamais de l'utilisation d'un éther par Newton pour expliquer les phénomènes lumineux.

pertinence du système qu'il soutient ²⁵. Ainsi, contrairement à Paulian, Euler ne cherche pas à masquer ses convictions. Notons encore que Paulian publie, en 1790, un dernier ouvrage intitulé *La physique à la portée de tout le monde* ²⁶. En examinant l'ouvrage, nous remarquons que Paulian fait l'impasse sur toutes les questions d'optique... Nous pouvons penser qu'il lui est difficile de rendre compte d'un système corpusculaire de la lumière sans se mettre en porte-à-faux vis-à-vis de ses anciens ouvrages dans lesquels il masquait ses convictions pour le plus grand profit de sa physique «*Newto-Cartésienne*».

Pour finir, Paulian agence ses idées sur l'optique dans les articles correspondants du *Dictionnaire de physique portatif* et du *Dictionnaire de physique* à la manière de ce qu'il fait dans sa physique «*Newto-Cartésienne*» contenue dans son *Traité de paix entre Descartes et Newton*. Ainsi, pour bien comprendre sa démarche scientifique, il est indispensable d'associer ces deux types d'ouvrages à première vue bien différents. Le *Dictionnaire de physique* et le *Dictionnaire de physique portatif* donnent l'apparence d'une relative neutralité des contenus scientifiques, bien au contraire du *Traité de paix entre Descartes et Newton* qui indique plus de parti-pris. Or, l'examen d'articles sur la lumière et ses effets montre clairement que Paulian emploie sa physique «*Newto-Cartésienne*» dans ses dictionnaires. Pourtant à aucun moment il ne dit agir ainsi, faisant croire à l'impartialité de leurs contenus... Notre thèse montre à l'évidence que ce n'est pas le cas puisque Paulian façonne ses articles d'optique selon sa physique «*Newto-Cartésienne*». Cependant, ce qui est avéré pour les articles d'optique examinés dans la seconde partie de la thèse ne l'est pas forcément pour l'ensemble des articles écrits et il nous faudrait entreprendre d'autres recherches avant de généraliser notre propos.

²⁵ Signalons qu'Euler est l'auteur d'un remarquable écrit sur la lumière: *Nova theoria lucis et colorum* (1746), où nous trouvons l'idée de fréquences de vibrations différentes pour définir les couleurs. Lire sur ce sujet: B. Maitte, *Histoire de l'arc-en-ciel*, 2005, pp. 198-200.

²⁶ A.-H. Paulian, *La physique à la portée de tout le monde*, 2 vol., 1790, chez Gaude, Nismes.

Annexes

Chronologie des publications de Paulian

1758	<i>Dictionnaire de physique portatif, orné de planches et de figures. A l'usage des personnes qui n'ont aucune teinture de géométrie ; dans lequel on explique le système physique de Newton, les points les plus intéressants, les expériences les plus curieuses et les termes les plus obscurs de la physique moderne, par un professeur de physique, chez François-Barthelemy Mérande et la Veuve Girard, Avignon.</i>
1760	<i>Dictionnaire de physique portatif, dans lequel on expose les découvertes les plus intéressantes de Newton & les notions géométriques nécessaires à ceux qui veulent se former une idée de la Physique moderne, seconde édition, avec figures, par le Père Aimé-Henri Paulian, Prêtre de la Compagnie de Jésus, Professeur de Physique au Collège d'Avignon, chez la Veuve Girard, Avignon ; chez Jean Desaint & Charles Saillant, Paris.</i>
1761	<i>Dictionnaire de physique, dédié à Monseigneur le Duc de Berry, par le Père Aimé-Henri Paulian, Prêtre de la Compagnie de Jésus, Professeur de Physique au Collège d'Avignon, 3 vol., chez Louis Chambeau, Avignon.</i>
1762	<i>Conjectures nouvelles sur les causes physiques des phénomènes électriques, pour servir de nouveau prospectus au grand dictionnaire de physique, dédié à Monseigneur le Duc de Bourgogne...chez Louis chambeau, Avignon.</i>
1763	<i>Traité de Paix entre Descartes et Newton, précédé des vies littéraires de ces deux chefs de la Physique moderne, par le Père Aimé-Henri Paulian, Professeur de Physique au Collège d'Avignon, de la compagnie de Jésus, 3 vol., chez la Veuve Girard, Avignon.</i>
1765	<i>Guide des jeunes Mathématiciens, dans l'étude des éléments de mathématiques de M. l'abbé de Lacaille, par un ami de l'auteur de ces leçons, chez les libraires associés, Paris.</i>
1767	<i>Dictionnaire de physique portatif ; contenant les découvertes les plus intéressantes de Descartes & de Newton, & les Traités de Mathématiques nécessaires à ceux qui veulent étudier avec succès la Physique moderne, troisième</i>

	<i>édition, avec Figures, par l'Auteur du grand Dictionnaire de Physique, 2 vol., chez la Veuve Girard et François Seguin, Avignon.</i>
1768	<i>Electricité soumise à un nouvel examen, dans différentes lettres adressées à M. l'abbé Nollet et dans quelques questions de physique présentées sous la forme scholastique: le tout, selon une théorie nouvelle appuyée sur les expériences les plus incontestables, avec figures, par l'auteur du Dictionnaire de physique, chez la Veuve Girard et Franç. Seguin, Avignon.</i>
1769	<i>Dictionnaire de physique portatif; contenant les découvertes les plus intéressantes de Descartes & de Newton, & les Traités de Mathématiques nécessaires à ceux qui veulent étudier avec succès la Physique moderne, nouvelle édition, avec Figures, par l'Auteur du grand Dictionnaire de Physique, 2 vol., chez la Vve. Girard et Franç. Seguin, Avignon.</i>
1769	<i>Système général de philosophie, extrait des ouvrages de Descartes et de Newton : ouvrage dans lequel, après avoir rapporté les particularités les plus intéressantes des Vies de ces deux Chefs de la Physique Moderne, on examine leurs Découvertes en tout genre, & on en montre l'analogie, par l'Auteur du Dictionnaire de Physique, 4 vol., Veuve Girard et François Seguin, Avignon.</i>
1770	<i>Dictionnaire philosopho-théologique portatif, contenant l'accord de la véritable philosophie avec la saine théologie ; et la réfutation des faux principes établis dans les écrits de nos philosophes modernes ; avec des notes à la fin de l'ouvrage, analogues aux principaux articles de ce Dictionnaire, par l'auteur du Dictionnaire de physique, chez Gaude, Nismes.</i>
1771	<i>Le Guide des Jeunes Mathématiciens, ou Commentaire des leçons de Mécanique de Lacaille, pour servir de suite aux commentaires de ses leçons de géométrie et d'algèbre, avec un supplément où l'on discute plusieurs points intéressants de la plus haute Mécanique que l'auteur n'a fait qu'indiquer dans son Traité, par M. Paulian, Prêtre, Associé à l'Académie Royale de Nîmes, chez la Veuve Girard et François Seguin, Avignon ; chez Durand et Hansy (le jeune), Paris.</i>
1773	<i>Dictionnaire de physique, dédié à Monseigneur le Dauphin, seconde édition, revue et corrigée sur l'édition en trois volumes in quatre, par M. Aimé-Henri Paulian, Prêtre, Associé à l'Académie Royale de Nismes, 3 vol., chez Gaude, Nismes.</i>

1774	Dictionnaire philosopho-théologique portatif , contenant l'accord de la véritable philosophie avec la saine théologie ; et la réfutation des faux principes établis dans les écrits de nos philosophes modernes ; avec des notes à la fin de l'ouvrage, analogues aux principaux articles de ce dictionnaire, autre édition , chez Gaude, Nîmes ; chez Babuty, Paris.
1781	Dictionnaire de physique , dédié au Roi, huitième édition , revue, corrigée & enrichie des découvertes faites dans cette science depuis 1773, par M. Aimé-Henri Paulian, Prêtre, de l'Académie Royale de Nîmes & de la Société Royale d'Agriculture de Lyon, 4 vol., chez Gaude, Nîmes ; chez J. J. Niel, Avignon.
1787	Dictionnaire des nouvelles découvertes faites en physique , pour servir de supplément aux différentes éditions du Dictionnaire de physique, dédié au Roi, ouvrage où l'on fait l'examen critique de ces nouvelles découvertes, & la réfutation de la partie physique du Livre intitulé: Système de la Nature, par M. Aimé-Henri Paulian, Prêtre, de l'Académie Royale de Nîmes & de la Société Royale d'Agriculture de Lyon, Chez Gaude, Nîmes ; chez J. J. Niel, Avignon.
1788	Véritable système de la Nature , ouvrage où l'on expose les lois du monde physique et moral d'une manière conforme à la raison et à la révélation, par Aimé-Henri Paulian, Prêtre, de différentes Académies, 2 vol., chez Gaude, Nîmes.
1789	Dictionnaire de physique , dédié au Roi, autre édition , avec les suppléments refondus, 5 vol., chez Gaude, Nîmes.
1790	La physique à la portée de tout le monde , ouvrage où l'on expose les différentes parties de la Physique de manière à pouvoir apprendre sans le secours d'aucun Maître, non seulement ce qu'il y a de plus agréable et de plus amusant, mais encore ce qu'il y a de plus sublime et de plus relevé dans la science de la Nature...par M. Aimé-Henri Paulian, Prêtre de différentes Académies, 2 vol., chez J. Gaude, Nîmes.
1791	La physique à la portée de tout le monde , ouvrage où l'on expose les différentes parties de la Physique, de manière à pouvoir apprendre, sans le secours d'aucun Maître, non seulement ce qu'il y a de plus agréable et de plus amusant, mais encore ce qu'il y a de plus sublime et de plus relevé dans la science de la Nature...par M. Aimé-Henri Paulian, Prêtre de différentes Académies, seconde édition , 2 vol., chez J. Gaude, Nîmes.

«PREMIERE PROPOSITION. L'être suprême qui seul a pû tirer cet Univers du néant, l'a soumis à des règles que l'on doit appeller loix générales de la nature. Corollaire premier. Les loix générales de la nature ne peuvent avoir que Dieu pour cause physique & immédiate. Corollaire second. Lorsqu'en physique on en vient à une loi générale de la nature, l'on ne peut pas, sans se déshonorer, demander sérieusement quelle est la cause de cette loi. Corollaire troisième. Si l'attraction Newtonienne est une loi générale de la nature, Newton n'a pas dû en assigner la cause. SECONDE PROPOSITION. Les principales Loix générales de la Nature qu'un Physicien doit toujours avoir présentes à l'esprit sont les suivantes. 1°. Tout corps en repos persévère dans son état de repos, jusqu'à ce que quelque cause extérieure le mette en mouvement. 2°. Tout corps en mouvement continue à se mouvoir, jusqu'à ce que quelque cause extérieure l'oblige à passer de l'état de mouvement à celui de repos. 3°. Tout corps en mouvement tend à parcourir en ligne droite. 4°. Le changement de mouvement est toujours proportionnel à la force motrice qui l'a occasionné, & il se fait toujours selon la ligne droite. 5°. La réaction est toujours égale & contraire à l'action. Ces cinq loix que nous avons, à l'exemple de Newton, réduit à trois dans le corps de cet Ouvrage, sont expliquées & démontrées dans l'article du mouvement. 6°. Si deux corps durs qui se meuvent du même sens viennent à se heurter, ils continueront après le choc de se mouvoir ensemble, & dans leur première direction avec la somme des forces qu'ils avoient avant le choc. 7°. Si deux corps durs qui se meuvent en sens directement contraire viennent à se heurter, ils iront ensemble après le choc dans la direction du corps le plus fort avec l'excès, ou la différence des forces qu'ils avoient avant le choc. Ces deux loix avec tous les corollaires que l'on en tire, sont expliquées & démontrées dans l'article de la dureté. 8°. Dans le choc des corps élastiques le mouvement direct se communique, comme si les corps étoient durs. 9°. Lorsqu'après un choc deux corps élastiques reprennent leur première figure, le corps choquant acquiert autant de vitesse pour revenir sur ses pas, qu'il en avoit communiqué au corps choqué ; & celui-ci acquiert autant de vitesse pour aller en avant, qu'il en avoit d'abord reçu du corps choquant. L'on trouvera dans l'article de l'Elasticité l'explication & la démonstration de ces deux loix & de leurs principaux corollaires. 10°. Tout corps poussé en même-tems horizontalement & perpendiculairement doit décrire

une ligne diagonale, comme il est démontré dans l'article du mouvement en ligne droite diagonale. 11°. Tout corps qui décrit une ligne courbe, est en même-tems animé de deux mouvements, l'un horizontal & l'autre centripète, c'est-à-dire, dirigé vers un point fixe auquel on donne le nom de centre. Voyez-en la démonstration dans les articles du mouvement en ligne courbe, en ligne circulaire & en ligne elliptique. 12°. Tous les corps de l'Univers s'attirent mutuellement, c'est-à-dire, tendent à se réunir les uns avec les autres. 13°. L'attraction se fait toujours en raison directe des masses, c'est-à-dire, si le corps A a quatre fois plus de matière que le corps B, le corps A attirera quatre fois le corps B, qu'il n'en sera attiré. 14°. L'attraction suit toujours la raison inverse des quarrés des distances, c'est-à-dire, le corps A éloigné d'une lieüe du corps B plus gros que lui, en sera quatre fois plus attiré, que s'il en étoit éloigné de deux lieües. Consultez l'article de l'Attraction, & vous verrez pourquoi Newton regarde ces trois dernières loix comme des loix générales de la Nature. Corollaire premier. Si deux corps de différente masse étoient abandonnés à leur attraction mutuelle, le chemin qu'ils seroient pour aller se joindre seroit en raison inverse de leur masse, c'est-à-dire, le chemin que seroit le plus petit des deux l'emporteroit autant sur le chemin que seroit le plus gros, que la masse de celui-ci l'emporte sur la masse de celui-là. Corollaire second. L'attraction que la terre exerce sur les différens corps que nous voyons placés sur sa surface, doit empêcher, & empêche effectivement que nous ne nous appercevions de l'attraction mutuelle de ces corps. Corollaire troisième. Il y a dans la Physique de Newton des mouvemens qui se font par attraction & d'autres par impulsion, comme on a dû s'en convaincre en lisant les loix générales dont nous venons de faire l'énumération. TROISIEME PROPOSITION. L'on doit admettre dans les espaces célestes un vuide, non pas parfait & absolu, mais imparfait & relatif ; c'est-à-dire, les corps célestes se meuvent dans un fluide si rare, si délié & parsemé de tant de vuides, qu'il est incapable d'opposer jamais à leurs mouvemens aucun dérangement sensible. Voyez l'explication & la preuve de cette vérité dans les articles qui ont pour titre, vuide, matière subtile Newtonienne, milieu, tourbillons simples & composés, comètes. Corollaire premier. Assurer que le vuide absolu est métaphysiquement impossible, c'est-là une espèce d'impiété. Corollaire second. Soutenir le plein parfait dans les espaces célestes, c'est-là une fausseté. QUATRIEME PROPOSITION. Le soleil qui se trouve sensiblement au centre du monde, & réellement à un des foyers des ellipses que parcourent les planètes & les comètes autour de cet astre,

envoie de son sein une matière hétérogène qui nous éclaire & qui produit des différentes couleurs dont la variété fait un des plus beaux spectacles de l'Univers, comme nous l'avons expliqué & prouvé dans les articles de la lumière et des couleurs. Corollaire premier. C'est par émission, & non par percussion que nous avons la lumière. Corollaire second. On ne comprend pas comment des Physiciens ont pû assurer que nous avons autant de lumière pendant la nuit que pendant le jour. Corollaire troisième. La lumière, n'est pas un corps simple & homogène, c'est-à-dire, composé de parties semblables entr'elles, mais un corps mixte & hétérogène, c'est-à-dire, composé de parties spécifiquement différentes les unes des autres. Corollaire quatrième. Les parties hétérogènes qui composent le fluide lumineux, sont les rayons rouge, orangé, jaune, verd, bleu, indigo & violet, comme il est démontré par des expériences du prisme rapportées dans l'article des couleurs. Corollaire cinquième. Les rayons de lumière n'ont pas tous le même degré de réfrangibilité & de réflexibilité. C'est le rayon rouge qui est le moins, & le rayon violet qui est le plus réfrangible & le plus réfléchible de tous les rayons ; les autres cinq sont plus ou moins réfrangibles & réfléchibles, suivant qu'ils sont plus ou moins près du rayon violet. Corollaire sixième : Les corps ne nous présentent telle ou telle couleur, que parce qu'ils réfléchissent à nos yeux tel ou tel rayon de lumière. Corollaire septième. Un corps a une couleur primitive, lorsqu'il ne réfléchit à nos yeux qu'un seul rayon de lumière. Corollaire huitième. Un corps a une couleur subalterne ou secondaire, lorsqu'il réfléchit à nos yeux plusieurs rayons de la lumière. Corollaire neuvième. Un corps est blanc, lorsqu'il réfléchit les sept rayons de lumière, sans les décomposer. Corollaire dixième. Les couleurs ne sont point dans les corps colorés, comme l'a prétendu l'Ecole Péripatéticienne. Corollaire onzième. Le même rayon de lumière différemment modifié, c'est-à-dire, différemment réfléchi, n'a jamais donné & ne donnera jamais des couleurs spécifiquement différentes, quoiqu'en disent les Cartésiens.

CINQUIEME PROPOSITION. Les planètes principales parcourent des ellipses autour du soleil en vertu des loix établies par le Créateur au commencement du monde, comme nous l'avons expliqué dans les articles de Copernic & du mouvement en ligne elliptique. Corollaire premier. Les planètes subalternes, c'est-à-dire, la lune & les satellites de Saturne & de Jupiter parcourent en vertu des mêmes loix des ellipses autour de leurs planètes principales. Corollaire second. Les planètes principales & subalternes ne sont pas emportées par des tourbillons de matière subtile, comme l'a imaginé Descartes.

Corollaire troisième. Les tourbillons composés des Cartésiens modernes ne sont pas plus propres à emporter les planètes principales & subalternes, que l'étoient les tourbillons simples de Descartes, comme nous l'avons prouvé dans l'article des Tourbillons.

SIXIEME PROPOSITION. Les comètes sont des corps opaques qui parcourent autour du soleil des ellipses fort excentriques par les mêmes loix que les planètes ordinaires parcourent leurs orbites sensiblement circulaires, comme nous l'avons prouvé dans l'article des comètes.

Corollaire premier. Les mêmes comètes doivent reparoître après un certain nombre d'années.

Corollaire second. Les comètes ne doivent être visibles, que lorsqu'elles sont près de leur périhélie.

Corollaire troisième. Les comètes ont près de leur périhélie incomparablement plus de vitesse, que près de leur aphélie.

Corollaire quatrième. Les comètes ne sont pas des vapeurs & des exhalaisons élevées jusqu'à la région supérieure de l'atmosphère terrestre & enflammées par l'action des vents contraires, comme l'a pensé le Prince des Philosophes.

Corollaire cinquième. Les comètes ne sont pas des présages de quelque grand malheur, comme l'a débité l'école Péripatéticienne.

Corollaire sixième. Les comètes n'ont jamais été des soleils qui métamorphosés en planètes soient devenus incapables de conserver leur tourbillon, & qui soient obligés d'aller de tourbillon en tourbillon rendre visite aux différents astres qui les occupent, ainsi que l'a imaginé Descartes.

Corollaire septième. Le mouvement des comètes, n'a pas été expliqué d'une manière physique par les Cartésiens modernes, quelques changements qu'ils ayent fait à leurs tourbillons.

Corollaire huitième. Les comètes seront toujours une preuve démonstrative de la bonté du système de Newton.

SEPTIEME PROPOSITION. Les étoiles sont des corps célestes, fixes, lumineux, innombrables & éloignés de la terre d'une distance presque infinie, comme nous l'avons démontré dans l'article qui commence par le mot étoile.

Corollaire premier. Le mouvement diurne des étoiles d'orient en occident autour des poles du monde, n'est pas un mouvement réel.

Corollaire second. Le mouvement périodique des étoiles d'occident en orient autour des poles de l'écliptique, n'est qu'un mouvement apparent.

Corollaire troisième. L'aberration des étoiles fixes, ne vient d'aucun mouvement réel dans ces astres.

Corollaire quatrième. L'unique mouvement que l'on puisse donner aux étoiles fixes, est un mouvement de rotation sur leur axe.

Corollaire cinquième. Les étoiles doivent manifester leur lumière par des étincellements les plus vifs & les plus sensibles.

Corollaire sixième. Les étoiles ne peuvent avoir aucune parallaxe.

Corollaire septième.

L'on ne pourra jamais déterminer la distance qu'il y a des étoiles à la terre. Corollaire huitième. L'on ne pourra jamais savoir s'il y a des planètes qui tournent autour de certaines étoiles, comme il y en a qui tournent autour de notre soleil. HUITIEME PROPOSITION. La matière subtile Newtonienne dont nous avons parlé dans l'article qui commence par les mots, matière subtile, ne se trouve pas seulement dans les espaces célestes ; elle est encore répandue aux environs de la terre où elle peut servir à rendre raison de plusieurs phénomènes intéressants ; tels que sont la dureté, l'élasticité, &c. Corollaire. Puisque Newton a démontré que l'attraction agissoit en raison inverse des quarrés des distances, on ne conçoit pas comment les Newtoniens la font agir en raison inverse des cubes des distances, pour expliquer la dureté des corps & quelques autres phénomènes terrestres. Les Cartésiens auront toujours droit de leur objecter que les loix de la nature sont constantes & uniformes, & qu'il n'est permis à personne de les changer à sa fantaisie. NEUVIEME PROPOSITION. L'on doit avoir recours à une matière plus déliée que l'air que nous respirons pour rendre raison des phénomènes de l'aiman & de l'électricité, comme nous l'avons fait voir dans les articles où ces deux questions sont discutées fort au long. Corollaire premier. L'attraction de Newton ne doit servir en Physique que pour rendre compte du mouvement centripète des corps. Corollaire second. Newton n'a pas fait prosession de chasser de sa Physique tout ce qu'on nomme cause mécanique. Corollaire troisième. Newton n'a jamais eu recours aux qualités occultes des Péripatéticiens pour expliquer les phénomènes de la nature. Ce n'est que par ignorance ou par mauvaise foi qu'on peut lui faire un pareil reproche»¹.

¹ Paulian, *Dictionnaire de physique portatif*, 2^{ème} éd., «Préface», 1760, pp. 7-19.

Bibliographie

Bibliographie primaire

Adam Charles et Tannery Paul (éd.), *Œuvres de Descartes*, 11 vol., de 1897 à 1909, 1996, Vrin, Paris.

d'Alembert Jean (Le Rond), *Discours préliminaire de l'Encyclopédie* (1751), 1866, bureaux des publications, Paris.

Algarotti Francesco, *Le Newtonianisme pour les Dames*, trad. française (1^{ère} éd. italienne en 1737), 1738, chez Montalant, Paris.

Baillet Adrien, *La Vie de M. Descartes*, 2 vol., 1691, chez Horthemels, Paris.

Bartholin Erasme, *Expérimenta crystalli Islandici disdiaclastici*, 1669, Copenhague.

Bernier François, *Abrégé de la philosophie de Gassendi*, 8 vol., 1678, chez Anisson & Posuel, Lyon.

Bouguer Pierre, *Essai d'optique sur la gradation de la lumière*, 1729, chez Jombert, Paris.

Brisson Mathurin Jacques, *Dictionnaire raisonné de physique*, 2 vol., 1781, Hôtel de Thou, rue des Poitevins, Paris.

Castillon Jean, *Isaaci Newtoni...Opuscula mathematica, philosophica et philologica*, 3 vol., 1744, chez Bousquet et associés, Lausanne et Genève.

Châtelet Emilie Le Tonnelier de Breteuil, *Institutions de physique*, 1740, chez Prault (fils), Paris.

Clairaut Alexis, «Sur les moyens de perfectionner les lunettes d'approche», *M.A.R.S de 1756*, 1762, pp. 112-126, imprimerie royale, Paris.

Daniel Gabriel, *Voyage du Monde de Descartes*, 1690, chez Vve. Bernard, Paris.

Deidier Nicolas, *La mécanique générale*, 1741, chez Jombert, Paris.

Deliste le Cadet Joseph-Nicolas, «Réflexions sur l'expérience que j'ai rapportée à l'Académie d'un anneau lumineux semblable à celui que l'on aperçoit autour de la Lune dans les Eclipses totales du Soleil», *M.A.R.S de 1715*, 1716, pp. 166-169, chez Lambert & Durand, Paris.

Desaguliers Jean Théophile, *Cours de physique expérimentale*, trad. française (1^{ère} éd. anglaise en 1719), 2 vol., 1751, chez Rollin et Jombert, Paris.

Descartes René, *Discours de la méthode* (1^{ère} éd. en 1637), 1658, chez Le Gras, Paris.

Descartes, *Les Principes de la philosophie*, 4^{ème} éd. (corrigée par Clerselier), 1681, chez Girard, Paris.

Euler Leonhard, «Nova theoria lucis et colorum», *Opuscula varii argumenti*, 1746, Haude & Speneri, Berolini.

Euler, *Lettres à une princesse d'Allemagne*, 2 vol., 1775, chez la société typographique, Londres.

Fontenelle Bernard Le Bouvier de, *Histoire du renouvellement de l'Académie Royale des Sciences en 1699*, 1709, chez Pierre de Coup, Amsterdam.

Fontenelle, «Eloge de Newton», *H.A.R.S de 1727, 1729*, pp. 151-172, imprimerie royale, Paris.

Fontenelle, «Sur la lumière», *H.A.R.S depuis son établissement en 1666 jusqu'en 1686*, 1733, t. 1, pp. 283-290, chez Martin, Coignard fils et Guérin, Paris.

Fontenelle, «Sur l'attraction newtonienne», *H.A.R.S de 1732, 1735*, pp. 112-117, imprimerie royale, Paris.

Fontenelle, «Sur les figures que les planètes prennent par la pesanteur», *H.A.R.S de 1734, 1736*, pp. 83-104, imprimerie royale, Paris.

Fouchy Jean-Paul Grand Jean de, «Eloge de Fontenelle», *H.A.R.S de 1757, 1762*, pp. 185-200, imprimerie royale, Paris.

Fouchy, «Eloge de l'abbé Nollet», *H.A.R.S de 1770, 1773*, pp. 121-136, imprimerie royale, Paris.

Anonyme (Fromey Johann Heinrich Samuel), *La belle Wolfienne*, 6 vol., de 1741 à 1753, chez Vve. Le Vier, La Haye.

Gerbil Barnabite, *Dissertation sur l'incompatibilité de l'attraction et de ses différentes loix avec les phénomènes ; et sur les tuyaux capillaires*, 1754, chez Desaint et Saillant, Paris.

Grimm Friedrich Melchior, *Correspondance littéraire, philosophique et critique*, 16 vol., de 1777 à 1882, Garnier frères, Paris.

Homberg Wilhelm, «Observations faites par le moyen du verre ardent», *M.A.R.S de 1702, 1743*, pp. 141-149, chez Martin, Coignard & les frères Guérin, Paris.

Huygens Christiaan, *Traité de la lumière*, 1690, chez Vander Aa, Leide.

Journal des Sçavans, pour l'année DCCLXII, 1762, chez Lambert, Paris.

Journal des Sçavans, 7 vol., 1765, chez Michel, Amsterdam.

Lafond Joseph-Aignan Sigaud de, *Dictionnaire de physique*, 5 vol., 1781, rue et hôtel Serpente, Paris.

Lambert Jean-Henri, *Photométrie ou de la mesure et de la graduation de la lumière, des couleurs et de l'ombre* (1^{ère} éd. en latin de 1760), 1997, L'Harmattan, Paris.

L'Année Littéraire, Année M. DCC. LIX., 8 vol., 1759, Amsterdam ; chez Lambert, Paris.

Anonyme (Le Corgne de Launay Jean-Baptiste), *Réponse aux principales objections contenues dans l'examen des Leçons de physique de l'abbé de Molières*, 1741, chez Clousier, Paris.

Le journal de Trévoux ou Mémoires pour servir à l'histoire des sciences et des arts, «Article XXXIII», tome XXXIII de 1733, pp. 185-189 (pp. 703-717), 1968, Statkine Reprints, Genève.

Le journal de Trévoux ou Mémoires pour servir à l'histoire des sciences et des arts, «Article CXIII», tome XXXIV de 1734, pp. 512-521 (pp. 2044-2080), 1968, Statkine Reprints, Genève

Le journal de Trévoux ou Mémoires pour servir à l'histoire des sciences et des arts, «Article VI», tome XXXV de 1735, pp. 30-34 (pp. 95-111), 1968, Statkine Reprints, Genève

Le journal de Trévoux ou Mémoires pour servir à l'histoire des sciences et des arts, «Article LXXXII», tome LIX de 1759, pp. 468-470 (pp. 1855-1860), 1968, Statkine Reprints, Genève

Le journal de Trévoux ou Mémoires pour servir à l'histoire des sciences et des arts, «Article LIII», tome LXII de 1762, pp. 211-216 (pp. 822-841), 1968, Statkine Reprints, Genève.

Le journal de Trévoux ou Mémoires pour servir à l'histoire des sciences et des arts, «Article LXXVI», tome LXII de 1762, pp. 294-299 (pp. 1157-1178), 1968, Statkine Reprints, Genève.

Le journal de Trévoux ou Mémoires pour servir à l'histoire des sciences et des arts, «Article IV», tome LXV de 1765, pp. 29-37 (pp. 91-123), 1968, Statkine Reprints, Genève.

Lémery Nicolas, *Cours de chymie*, nouvelle éd. (par M. Baron), 1757, chez D'Houry, Paris.

Lemmonier Pierre, *Cursus philosophicus*, 6 vol., 1750, chez Genneau et chez Rollin, Paris.

Mairan Jean-Jacques Dortous de, «De la diffraction», *M.A.R.S de 1738*, 1740, pp. 53-65, imprimerie Royale, Paris.

Mairan, «Eloge de M. L'abbé de Molières», *H.A.R.S de 1742*, 1745, pp. 195-205, imprimerie royale, Paris.

Mairan, *Dissertation sur la glace*, 1749, imprimerie royale, Paris.

Mairan, *Traité physique et historique de l'Aurore boréale*, 2^{ème} éd., 1754, imprimerie royale, Paris.

Mairan, *Dissertation sur la glace et les thermomètres*, 1757, chez Benedini, Lucques.

Mairan, «Cause des courtes apparitions & des longues disparitions du Satellite de Vénus», *M.A.R.S de 1762, 1764*, pp. 161-169, imprimerie royale, Paris.

Malebranche Nicolas, *De la recherche de la vérité*, 6^{ème} éd., 4 vol., 1712, chez David, Paris.

Maraldi, «Diverses expériences d'optique», *M.A.R.S de 1723, 1753*, pp. 111-143, chez Durand, Paris,

Maupertuis Pierre Louis Moreau de, *Discours sur les différentes figures des astres*, 1732, imprimerie royale, Paris.

Maupertuis, «Sur les loix de l'attraction», *M.A.R.S de 1732, 1735*, pp. 342-362, imprimerie royale, Paris.

Musschenbroek Pierre, *Essai de physique*, trad. française (1^{ère} éd. latine en 1726), 2 vol., 1751, chez Luchtmans, Leyde.

Newton Isaac, *Traité d'optique*, trad. de Coste (1^{ère} éd. anglaise en 1704), 1720, chez Montallant, Paris.

Newton, *Traité d'optique*, 2^{ème} éd. (trad. de Coste), 1722, chez Montallant, Paris.

Newton, *Les principes mathématiques de la philosophie naturelle*, trad. de Madame du Châtelet (1^{ère} éd latine en 1687), 2 vol., 1756, chez Desaint et Lambert, Paris.

Nieuwentydt Bernard, *Sur l'existence de Dieu, démontrée par les merveilles de la nature*, trad. française (1^{ère} éd. hollandaise en 1715), 1725, chez Vincent, Paris.

Nollet Jean-Antoine, *Programme ou idée générale d'un cours de physique expérimentale*, 1738, chez Lemercier, Paris.

Nollet, *Essai sur l'électricité des corps*, 1746, chez les frères Guérin, Paris.

Nollet, *Leçons de physique expérimentale*, 3^{ème} éd., 6 vol., 1765, chez Guérin & Delatour, Paris.

Nollet, *Lettres sur l'électricité...Troisième partie*, 1767, chez Durand (neveu), Paris.

Un professeur de physique (Paulian Aimé-Henri), *Dictionnaire de physique portatif*, 1758, chez Merande et Vve. Girard, Avignon.

Paulian, *Dictionnaire de physique portatif*, 2^{ème} éd., 1760, chez la Vve. Girard, Avignon ; chez Desaint et Saillant, Paris.

Paulian, *Dictionnaire de physique*, 3 vol., 1761, chez Chambeau, Avignon.

Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton*, 3 vol., 1763, chez Vve. Girard, Avignon.

Paulian, *Dictionnaire de physique portatif*, 2^{ème} éd., 2 vol., 1767, chez la Vve. Girard & Seguin, Avignon.

Paulian, *L'électricité soumise à un nouvel examen, dans différentes lettres adressées à M. l'abbé NOLLET*, 1768, chez Vve. Girard et Seguin, Avignon.

Paulian, *Dictionnaire de physique portatif*, nouvelle éd., 2 vol., 1769, chez la Vve. Girard & Seguin, Avignon.

Paulian, *Système général de la philosophie extrait des ouvrages de Descartes et Newton*, 4 vol., 1769, chez Vve. Girard et Seguin, Avignon.

Paulian, *Dictionnaire de physique*, 2^{ème} éd., 3 vol., 1773, chez Gaude, Nismes.

Paulian, *Dictionnaire philosopho-théologique portatif*, 1770, chez Gaude, Nismes.

Paulian, *Dictionnaire philosopho-théologique portatif*, autre éd., 1774, chez Gaude, Nîmes ; chez Babuty, Paris.

Paulian, *Dictionnaire de physique*, 8^{ème} éd., 4 vol., 1781, chez Gaude, Nîmes ; chez Niel, Avignon.

Paulian, *Dictionnaire des nouvelles découvertes faites en physique, pour servir de supplément aux différentes éditions du Dictionnaire de physique*, 1787, chez Gaude, Nîmes ; chez Niel, Avignon.

Paulian, *Dictionnaire de physique*, 9^{ème} éd., 5 vol., 1789, chez Gaude, Nîmes.

Paulian, *La physique à la portée de tout le monde*, 2 vol., 1790, chez Gaude, Nismes.

Pemberton Henri, *View of Sir Isaac Newton's philosophy*, 1728, S. Palmer, Londres,

Pemberton, *Eléments de la philosophie Newtonienne*, trad. française (1^{ère} éd. anglaise en 1728), 1755, chez Arkstee et Markus, Amsterdam et Leipzig.

Pluche Noël-Antoine, *Le spectacle de la nature*, 8 t. en 9 vol., de 1732 à 1750, chez Vve. Estienne, Paris.

Polignac Cardinal de, *L'Anti-Lucrèce* (trad. française), 2 vol., 1754, chez Le Mercier, Paris.

Polinière Pierre, *Expériences de physique*, 1709, chez De Laulne, Jombert et Quillau, Paris.

Polinière, *Expériences de physique*, 4^{ème} éd., 1734, chez Gissey, Clouzier, Borderet et Henry, Paris.

Privat de Molières Joseph, *Leçons de physique*, 2^{ème} éd., 4 vol., 1745, chez Desprez et Cavelier, Paris.

Régis Pierre Silvain, *Cours entier de philosophie, ou système général selon les principes de M. Descartes*, 3 vol., 1691, chez Huguetan, Amsterdam.

Regnault Noël, *Les entretiens de physique d'Ariste et d'Eudoxe, ou physique nouvelle en dialogues*, 3 vol., 1729, chez Thiboust, Paris.

Regnault, *Origine ancienne de la physique nouvelle*, 3 vol., 1735, aux dépens de la compagnie, Amsterdam.

Rohault Jacques, *Traité de Physique*, 1672, chez le Jeune, Amsterdam.

Rohault, *Traité de physique*, 4^{ème} éd., 2 vol., 1696, chez Vve. Guillimin, Lyon.

Saurin Joseph, «D'une difficulté considérable proposée par M. Huygens contre le système cartésien sur la cause de la Pesanteur», *M.A.R.S de 1709*, 1733, pp. 131-148, imprimerie royale, Paris.

Sigorgne Pierre, *Examen et réfutation des Leçons de physique*, 1741, chez Clousier, Paris.

Sigorgne, *Réplique à M. de Molières, ou Démonstration physico-mathématique de l'impossibilité et de l'insuffisance des tourbillons*, 1741, chez Clousier, Paris.

Sigorgne, *Institutions newtoniennes*, 2 vol., 1747, chez Quillau (fils), Paris.

'S Gravesande Willem Jacob, *Eléments de physique*, trad. française (1^{ère} éd. latine en 1719), 2 vol., 1746, chez Langerak et Verbeek, Leyde.

Smith Robert, *Cours complet d'optique*, 1767, chez Vve. Girard, Seguin et Aubert, Avignon ; chez Jombert et Saillant, Paris.

Voltaire François Marie Arouet (dit), *Lettres philosophiques*, 1734, E. Lucas, Amsterdam.

Voltaire, *Eléments de la philosophie de Neuton*, 1738, nouvelle édition, Londres.

Anonyme (Voltaire), *Dictionnaire philosophique portatif*, 1764, Londres.

Par des amateurs (Voltaire), *Questions sur l'Encyclopédie*, 9 vol., de 1770 à 1772.

Voltaire, *Œuvre complète de Voltaire*, nouvelle éd., 42 vol, de 1818 à 1820, chez Lefèvre et Deterville, Paris.

Voltaire, *Œuvre de Voltaire*, par M. Beuchot, 70 vol., de 1829 à 1834, Paris.

Wolf Christian, *Cours de Mathématique*, 3 vol, 1747, chez Jombert. Paris.

Bibliographie secondaire

1- Ouvrages ou publications cités dans la thèse

Balpe Claudette, «L'enseignement des sciences physiques: naissance d'un corps professoral (fin XVIIIe-XIXe siècle)», *Histoire de l'éducation*, 1997, N°73, pp. 49-85.

Balpe, «Constitution d'un enseignement expérimental: La physique et chimie dans les écoles centrales», *Revue d'histoire des sciences*, 1999, t. 52, n°2, pp. 241-284.

Barbier Antoine-Alexander, *Dictionnaires des ouvrages anonymes et pseudonymes*, 2^{ème} éd., 4 vol., de 1822 à 1827, chez Barrois (l'aîné), Paris.

Besterman Théodore (éd.), *Les Lettres de la marquise du Châtelet*, 2 vol., Institut et musée Voltaire, Genève.

Biet Christian et Jullien Vincent (éd.), *Le siècle de la lumière*, 1997, ENS éditions, Paris.

Blay Michel et Halleux Robert (éd.), *La science classique, XVI^e-XVIII^e siècle*, *Dictionnaire critique*, 1998, Flammarion, Paris.

Blay Michel, *Lumière sur les couleurs, le regard du physicien*, 2001, Ellipse, Paris.

Bonno Gabriel, «La culture et la civilisation britannique devant l'opinion française de la paix d'Utrecht aux Lettres philosophiques», *Transactions of the American philosophical Society*, 1948, vol. 38, part. 1, Philadelphia.

De Backer Augustin, *Bibliothèque des écrivains de la Compagnie de Jésus ou Notices bibliographiques*, 2^{ème} éd., 3 vol., 1872, chez l'auteur De Backer, Liège ; chez l'auteur Sommervogel, Lyon.

De Gandt François (éd.), *Cirey dans l'histoire intellectuelle: la réception de Newton en France*, 2001, Voltaire Foundation, Oxford.

Devaux Dorothée et Maitte Bernard, «Newton, les couleurs et la musique», *Alliage*, 2006, n°59, pp. 126-138.

Flamarion Edith, *La chair et le verbe. Les jésuites de France au XVIIIème siècle et l'image*, 2008, Presses Sorbonne Nouvelle, Paris.

Lafuente Antonio et Peset José Luis, «La question de la figure de la Terre. L'agonie d'un débat scientifique au XVIIIe siècle», *Revue d'histoire des sciences*, 1984, t. 37, n° 3-4, Presse universitaire de France, Paris.

Le Boeuffle André, «Un savant amiénois: Jacques Rohault (1620-1672)», *Observations & Travaux*, 2004, n°58.

Lévy-Lebond Jean-Marc, «Galilée et les marées: une fausse théorie fausse», *La Recherche*, 2009, n°433, Sophia Publication, Paris.

Locqueneux Robert, «Fontenelle et les tourbillons cartésiens à l'aube des lumières», *S&TP*, IIe série, 3, 1999, fasc. 2, pp. 447-480.

Locqueneux, *Henri Bouasse. Réflexions sur les méthodes et l'histoire de la physique*, 2009, L'Harmattan, Paris.

Locqueneux, *Une histoire des idées en physique*, 2009, Vuibert, Paris,

Locqueneux, *Sciences et théologie*, 2010, Vuibert, Paris.

Locqueneux, *Sur la nature du feu aux siècles classiques*, 2014, L'Harmattan, Paris.

Maitte Bernard, *La lumière*, 1981, éd. du Seuil, Paris.

Maitte, *Histoire de l'arc-en-ciel*, 2005, Seuil, Paris.

Mazauric Simone, *Fontenelle et l'invention de l'histoire des sciences à l'aube des lumières*, 2007, Fayard, Paris.

Mazauric, *Histoire des sciences à l'époque moderne*, 2009, Armand Colin, Paris.

Mc Cloughlin Trévor, «Le concept de science chez Rohault», *Revue d'histoire des sciences*, 1977, tome 30, n°3, Presse universitaire de France, Paris.

Nicolas Michel, *Histoire littéraire de Nîmes et des localités voisines qui forment actuellement le département du Gard*, 3 vol., 1854, chez Ballivet et Fabre, Nîmes.

Ribard Dinah, *Raconter vivre penser, histoires des philosophes, 1650-1766*, 2003, Vrin-EHESS, Paris.

Ronchi Vasco, *Histoire de la lumière* (trad. de l'italien par Juliette Taton), 1956, Armand Colin, Paris.

Rosmorduc Jean et Vinca, Dutour Françoise, *Les révolutions de l'optique et l'œuvre de Fresnel*, 2004, Vuibert, Paris.

Satori Eric, *Histoire des grands scientifiques français*, 1999, Plon, Paris.

Taton René (dir. de publication), *Enseignement et diffusion des sciences en France au dix-huitième siècle* (1^{ère} éd. 1964), 1986, Hermann, Paris.

Verdet Emile, *Leçons d'optique physique*, 2 vol., 1869, imprimerie impériale, Paris.

2- Ouvrages ou publications touchant au sujet non cités dans la thèse

Ambacher Michel, *Les philosophes de la nature*, 1974, PUF, Paris.

Blay Michel, *Les «principia» de Newton*, 1995, PUF, Paris.

Bouasse Henri, *Introduction à l'étude des théories de la mécanique*, 1895, Georges Carré, Paris.

Brunet Pierre, *L'introduction des théories de Newton en France avant 1738*, 1931, Albert Blanchard, Paris ; 1970, Statkine Reprints, Genève.

Daumas Maurice (éd.), *Histoire de la science*, 1957, Gallimard, Encyclopédie de la Pléiade, Paris.

Delon Michel (éd.), *Dictionnaire européen des Lumières*, 1997, PUF, Paris.

Dumas Jean-Louis, *Histoire de la pensée, philosophies et philosophes*, 3 vol., 1990, Tallandier, Paris.

Ehrard Jean, *L'idée de nature en France à l'aube des Lumières*, 1970, Flammarion, Paris.

Isaac Marie-Thérèse et Sorgeloos Claude (éd.), *La diffusion du savoir scientifique, XVI^e-XIX^e s.*, 1996, Archives et bibliothèques de Belgique, Bruxelles.

Lenoble Robert, *Histoire de l'idée de nature*, 1969, Albin Michel, Paris

Lenoble, *Mersennes ou la naissance du mécanisme*, 1971, Vrin, Paris.

Le Ru Véronique, *Voltaire newtonien. Le combat d'un philosophe pour la science*, 2005, Vuibert, Paris.

Mc Cloughlin Trévor et Picolet Guy, «Un exemple d'utilisation du Minutier central de Paris: la bibliothèque et les instruments scientifiques du physicien Rohault selon son inventaire après décès», *Revue d'histoire des sciences*, 1976, t. 29, n°1.

McKie Douglas, «Fontenelle et la Société Royale de Londres», *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, 1957, t. 10, n°4.

Niderst Alain, *Fontenelle*, 1991, Plon, Paris.

Querard Joseph-Marie, *La France littéraire, ou Dictionnaire bibliographique*, 14 vol., de 1826 à 1842, chez Didot frères, Paris.

Rosmorduc Jean, *Une histoire de la physique et de la chimie de Thalès à Einstein*, 1985, Seuil, Paris.

Taton René (éd.), *Histoire générale des Sciences*, 4 vol., de 1957 à 1964, PUF, Paris ; 1994, Quadrige/PUF, Paris.

Torlais Jean, *Un physicien au siècle des Lumières, l'abbé Nollet*, 1987, Jonas, Elbeuf sur Andelle.

Index de noms propres

A

Alembert, Jean le Rond d', 8, 16, 63, 64
Algarotti, Francesco, 56, 63
Amontons, Guillaume, 195
Aristote, 20, 60, 89, 90, 255, 266

B

Baker, Augustin de, 72
Bartholin, Erasme, 237, 239, 265, 297, 300
Beaugrand, Jean de, 120
Bernier, François, 255, 256
Bernoulli, Jean, 37, 40, 51
Bolingbroke, Henri Saint Jean de, 44
Bouguer, Pierre, 184, 271
Boyle, Robert, 26, 201, 215
Bradley, James, 167
Brisson, Mathurin Jacques, 16, 17, 286
Buffon, George-Louis Leclerc de, 62
Bulffinger, Georges-Bernard, 40, 41

C

Caille, Nicolas Louis de, 74, 158, 254
Cassini, César-François, 166
Castel, Louis Bertrand, 136, 216
Celsius, Anders, 184
Chales, de (jésuite), 74, 280
Châtelet, Emilie Le Tonnelier de Breteuil du, 56, 63, 230, 231, 232
Clairaut, Alexis, 184, 210
Clarke, Samuel, 34, 37, 44, 52
Colbert, Jean-Baptiste, 21, 27
Copernic, Nicolas, 74
Coste, Pierre, 34, 35

D

Daniel, Gabriel, 89, 90
Deliste, Joseph-Nicolas (le cadet), 292
Desaguliers, Jean-Théophile, 7, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 37, 58, 74, 269, 270, 301, 302, 304, 321
Diderot, Denis, 16, 65
Dollond, John, 17, 210
Dominis, Marco Antonio de, 99, 212
Dufay, Charles-François de Cisternay, 57
Duhamel, Jean-Baptiste, 21, 90

E

Epicure, 119, 165
Euler, Leonhard, 210, 322, 323

F

Fabri, Honoré, 74
Fermat, Pierre de, 119
Fontenelle, Bernard Le Bovier de, 7, 21, 22, 23, 33, 35, 37, 45, 47, 54, 55, 80, 125, 126, 141, 148, 154, 310, 312
Formey, Johann Henrich Samuel, 56
Fouchy, Jean-Paul Grand Jean de, 21, 61, 62

G

Galilée, 20, 47, 116, 177
Gassendi, Pierre, 165, 255, 256, 269
Gerdil, Barnabite, 187
Gravesande, Willem Jacob 's, 7, 29, 30, 31, 58, 302, 309, 314
Grégory, Jacques, 131, 212
Grimaldi, Fransceco Maria, 141, 227, 230, 282, 290, 291, 293, 294
Grimm, Friedrich Melchior, 11, 12

H

Hales, Etienne, 201
Halley, Edmond, 42, 319
Hauksbee, Francis, 124
Hire, Philippe de La, 180, 182, 292
Holbach, Paul Henri Thiry d', 85
Homberg, Guillaume, 200
Hooke, Robert, 26, 37, 212, 215
Huygens, Christiaan, 14, 27, 29, 38, 40, 144, 239, 241, 243, 244, 255, 258, 261, 297, 298, 299, 300, 316, 318

K

Keill, John, 26, 154
Kepler, Johannes, 40, 46, 50, 51, 74, 87, 216
Kircher, Athanasius, 77

L

Lambert, Jean-Henri, 271
Lande, Joseph Jérôme Lefrançois de la, 158
Laplace, Pierre-Simon, 321
Leibniz, Gottfried Wilhelm, 35, 40, 52, 56, 60, 82, 149, 154
Lémery, Nicolas, 200
Lemmonier, Pierre Charles, 204, 255, 257, 269, 306
Leucippe, 119
Locke, John, 27, 34, 44, 49
Louis XIV, 71
Louis XV, 83, 184
Louis XVI, 83
Lucrèce, 119

M

Mairan, Jean-Jacques Dortous de, 51, 74, 96, 99, 166, 169, 170, 180, 292, 311
Malebranche, Nicolas, 51, 52, 55, 113, 310, 312

Malpighi, Marcello, 286
Malus, Etienne Louis, 271
Maraldi, Giacomo Filippo, 254, 292
Maupertuis, Pierre-Louis Moreau de, 7, 37, 38, 40, 43, 49, 50, 51, 57, 64, 184,
Mersenne, Marin, 120, 121, 123
Molinier, Jean-Baptiste, 49
Molyneux, Samuel, 167
Musschenbroek, Pierre, 7, 11, 29, 31, 32, 33, 58, 189, 190, 193, 286, 309, 313, 314, 315

N

Nieuwentydt, Bernard, 31
Nollet, Jean-Antoine, 8, 9, 11, 15, 16, 17, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 74, 86, 88, 163, 175, 184,
194, 196, 255, 259, 263, 270, 271, 272, 286, 287, 306, 313, 314

P

Pascal, Blaise, 123, 181
Pemberton, Henry, 32, 37
Pluche, Noël-Antoine, 58, 74, 81, 93, 222, 267
Polignac, Melchior de, 35, 199
Polinière, Pierre, 7, 23, 24, 25, 26, 58
Privat de Molières, Joseph, 8, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 62, 74, 89, 163, 201, 255, 258, 310, 311,
312

R

Régis, Pierre-Sylvain, 257
Regnault, Noël, 74, 93, 277
Richer, Jean, 184
Rohault, Jacques, 7, 19, 20, 21, 24, 46, 52, 255, 256, 257, 264

S

Sigaud de Lafond, Joseph-Aignan, 16, 17, 18, 86
Sigorgne, Pierre, 11, 56, 57, 74, 82, 187, 309, 313
Smith, Robert, 212
Snell, Willebrord, 104

T

Tournefort, Joseph Pitton de, 199, 201

V

Varignon, Pierre, 35
Villemot, Philippe, 52
Voltaire, François Marie Arouet de, 7, 16, 17, 34, 37, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 56, 66, 85, 136,
294, 295, 309

W

Wolf, Christian, 155

Table des matières

INTRODUCTION.....	7
-------------------	---

PREAMBULE.....	19
----------------	----

- L'état de la physique française avec le système cartésien en héritage.....	19
- La physique à Londres et à Leyde.....	26
- «Eloge de Newton» par Fontenelle.....	33
- Intensification du débat en France avec Maupertuis et Voltaire.....	37
- Tentative de l'abbé de Molières pour concilier les deux systèmes.....	51
- L'abbé Nollet et l'engouement pour la physique expérimentale.....	56
- «Discours préliminaire» de l' <i>Encyclopédie</i> de d'Alembert.....	63

PARTIE 1 :

La physique de Paulian.....	69
-----------------------------	----

CHAPITRE 1 : Présentation du <i>Dictionnaire de physique portatif</i> , du <i>Dictionnaire de physique</i> et du <i>Traité de paix entre Descartes et Newton</i>	71
--	----

1- <i>Dictionnaire de physique portatif</i>	72
2- <i>Dictionnaire de physique</i>	76
3- <i>Traité de paix entre Descartes et Newton</i>	88

CHAPITRE 2 : La physique de Descartes d'après Paulian.....	93
1- <i>Le Discours de la méthode</i>	94
- <i>Les Météores</i>	94
- <i>La Dioptrique</i>	102
2- <i>Principes de la philosophie</i>	106
- Deuxième partie.....	106
- Troisième partie.....	113
- Quatrième partie.....	114
3- Autres textes de Descartes sur la physique	
- <i>Objections sur la Dioptrique</i>	118
- <i>Traité de géostatique</i>	120
- <i>Traité de mécanique particulière</i>	122
- <i>Recueil de lettres</i>	122
CHAPITRE 3 : La physique de Newton d'après Paulian.....	125
1- <i>Le Traité d'optique</i>	126
- Première livre.....	127
- Deuxième livre.....	135
- Troisième livre.....	140
2- <i>Principes mathématiques de la philosophie naturelle</i>	148
- Définitions.....	149
- Règles générales du mouvement.....	152
- Scholie générale.....	153
- Calcul des fluxions.....	154
3- Divers opuscules de Newton.....	156

CHAPITRE 4 : La physique «Newto-Cartésienne» de Paulian.....	161
1-Physique générale.....	162
- Les règles du mouvement.....	162
- Le plein sensible.....	165
- La lumière.....	167
- Le feu.....	171
- L'électricité.....	174
- Le ressort.....	175
- La dureté.....	176
- La pesanteur.....	177
2- Physique terrestre.....	179
- L'atmosphère terrestre.....	179
- L'air.....	181
- Les météores.....	182
- La figure de la Terre.....	183
- Les tubes communicants.....	185
- Les tubes capillaires	186
- Les leviers.....	191
- Les frottements solides.....	192
- Les frottements fluides.....	195
- Les tremblements de terre	198
- Les fossiles.....	199
- Les métaux.....	200
- Les aimants.....	202

PARTIE 2 :	
L'optique de Paulian.....	207
 CHAPITRE 5 : Comparaison entre le <i>Traité d'optique</i> et sa lecture par Paulian.....	209
 1- Premier Livre du <i>Traité d'optique</i>	209
- Première partie.....	209
- Seconde partie.....	212
 2- Deuxième livre du <i>Traité d'optique</i>	215
- Première partie.....	215
- Troisième partie.....	217
- Quatrième partie.....	223
 3- Troisième livre du <i>Traité d'optique</i>	227
- Observations.....	227
- Présentation des questions.....	229
- Questions 1 à 4.....	230
- Questions 5 à 11.....	232
- Questions 17 à 22.....	234
- Questions 25 et 26.....	237
- Questions 27 et 28.....	242
- Questions 29 et 30.....	245
- Question 31.....	248

CHAPITRE 6 : La lumière et ses différents effets selon Paulian.....	253
1- L'article «LUMIERE».....	253
2- L'article «REFRACTION ASTRONOMIQUE».....	261
3- L'article «DIAPHANE».....	266
4- L'article «REFLEXION».....	269
5- L'article «COULEURS».....	274
6- L'article «DIFFRACTION».....	290
7- L'article «CRISTAL D'ISLANDE».....	297
8- L'article «REPULSION».....	301
- Comparaison des articles examinés.....	306
 CONCLUSION	 309
 ANNEXES:	
- Chronologie des ouvrages de Paulian.....	325
- Système de physique de Paulian.....	329
 BIBLIOGRAPHIE:	
- Bibliographie primaire.....	335
- Bibliographie secondaire	
1- Ouvrages ou publications cités dans la thèse.....	345
2- Ouvrages ou publications touchant au sujet non cités dans la thèse	348
 INDEX DES NOMS PROPRES.....	 351
 TABLES DES MATIERES.....	 355