REMARQUES SUR L'USAGE DES MATHEMATIQUES DANS LES *PRINCIPIA* DE NEWTON

- Les *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*.

Tel est le titre du livre qui a fait la gloire de Newton. Ce fut la Bible de la physique classique or son titre évoque la philosophie et les mathématiques.

Fondamentalement, la physique newtonienne est une philosophie mathématique. Le traité, publié pour la première fois en 1687 est en *trois livres* :

Dans le premier il n'est question que de résultats mathématiques ; ils résolvent des questions du genre suivant : supposons une force agissant sur un point en mouvement et qui serait dirigée vers un point fixe, quelle trajectoire en résulterait pour le point mobile? Newton discute alors selon le genre de force considérée : est-elle inversement proportionnelle au carré de la distance des deux points ? alors, la trajectoire sera une ellipse. Il discute aussi de la réciproque : si une trajectoire est elliptique, la force centrale est-elle forcément du genre précédent ? Etc. Les mathématiques employées sont magnifiques et exposent, dans un style classique des idées et des résultats très nouveaux (voir chapitre 19).

Dans le second livre du traité, Newton étudie le mouvement des corps qui sont en mouvement dans un milieu qui leur résiste, comme l'air par exemple. La situation est très complexe et l'auteur fait souvent fausse route dans cette partie de l'ouvrage où le plus important semble être de combattre les thèses de Descartes sur la matière du monde et les *tourbillons* qui sont supposés emporter les planètes.

Enfin le troisième livre applique les théorèmes du premier au système solaire. Le résultat est sidérant : la mécanique céleste est née, les trajectoires des planètes sont mises en équations, les forces à l'œuvre dans l'espace sont explicitées : c'est essentiellement l'attraction universelle qui se combine au mouvement inertiel des corps. Le principe de l'action et de la réaction complète le dispositif fondamental… A l'aide de ces lois et de ces mathématiques, Newton répond à la plupart des grandes questions de l'astronomie. En outre, il donne une base à la mécanique des corps, célestes ou terrestres. Son système s'appuie sur les trois lois de Kepler qu'en retour, il justifie. On l'aura compris, les *Principia* constituent un de ces ouvrages scientifiques dont l'importance ne se mesure pas « à l'échelle de leur siècle », mais « de leur millénaire ». Ils vont devenir *le* traité fondamental de la physique au cours de la période historique la plus faste qu'elle ait jamais connue jusqu'alors (environ, de 1700 à 1900).

- Comment en est-on arrivé là ? Une première version peu crédible.

Une version de l'histoire des découvertes newtoniennes au sujet de la gravitation universelle pourrait s'appeler « l'extraordinaire jardin de Woolsthorpe ». Etudiant à Cambridge, Newton est contraint –en 1665 et 1666- à des vacances forcées dans son Lincolnshire natal, car une épidémie de peste sévit à Londres et alentour.

Il fait, au cours de ces 18 mois, de formidables progrès et inventions mathématiques qui lui fournissent les outils pour maîtriser les vitesses instantanées, les accélérations. Il a l'idée-clé de l'attraction exercée par la terre sur la lune ; elle est en raison inverse du carré de la distance ; il comprend aussi qu'elle est de même nature que la force qui cause la chute d'une pomme. Plusieurs récits corroborent, à quelques variantes près, l'épisode de la pomme tombant d'un arbre de son jardin de Woolsthorpe ; elle lui aurait fait entrevoir cette vérité, en un éclair. Pour faire bonne mesure, on ajoutera (Newton lui-même, dans ses récits tardifs conforte cette présentation) qu'il découvre la cohérence entre l'action de cette force centrale et la nature elliptique de l'orbite lunaire. L'essentiel aurait donc été acquis dès 1666. Pourtant, plus de 20 ans séparent ces *années miraculeuses* de la rédaction et de la publication des *Principia mathematica*. Il est vrai que Newton s'occupe entre temps d'autres sujets (d'optique en particulier). Comme s'il avait attendu quelque chose qui puisse réveiller son intérêt pour la mécanique céleste et lui permette de généraliser et préciser ses résultats. Ce « quelque chose » aurait été l'amélioration des mesures de la masse de la terre par l'astronome français Cassini, plus une meilleure précision dans la description de l'orbite lunaire et enfin une demande insistante de son ami Edmund Halley pour qu'il rédige ses résultats ; Newton vient de lui avouer qu'il possède, quelque part dans ses cahiers, la démonstration des trajectoires planétaires que cherchent en vain plusieurs savants (Hooke, Wren, Halley) depuis des années. Alors, il aurait consacré toutes ses forces et tout son temps à rédiger le livre décisif qui décrit, explique et calcule le monde, le monde céleste mais aussi notre monde terrestre.

- La conjecture de Hooke.

Newton le dit lui-même, « je suis monté sur les épaules de géants ». En mathématiques, il a étudié de près Apollonius, Descartes, Huygens, Roberval entre autres. En physique, les mêmes l'ont marqué mais pas autant que Galilée. Pour ce qui concerne les causes des mouvements des astres, une idée est « dans l'air »; celle qui consiste à associer une certaine force issue du soleil aux trajectoires des planètes. Une force qui les attire et sans laquelle ces planètes seraient éjectées par la force centrifuge. Newton n'est ni le premier, ni le seul à chercher de ce côté-là. Déjà Huygens explorait cette piste. Kepler et ses trois lois décrivait – sans l'expliciter mathématiquement, et donc sans la démontrer- une situation de ce genre ; il soutenait que les trajectoires sont des ellipses ; Roberval était un chaud partisan de cette attraction.

Un collègue de Newton, Robert Hooke s'approche bien près du résultat : en 1679, il attire l'attention de Newton sur la question en lui suggérant que la force d'attraction doit être inverse au carré des distances et que la trajectoire doit être une « sorte d'ellipse ». Isaac se plonge dans les calculs qui deviennent complexes dès qu'on s'écarte du cas trop particulier de la trajectoire circulaire et de la force constante (forcément puisqu'avec un cercle, la distance au centre est invariable). On sait, par ses notes de travail, qu'il obtient l'essentiel des résultats cherchés pour démontrer la *conjecture de Hooke*, mais, comme l'écrit l'historien des sciences M. Panza, «satisfait de cette preuve, Newton abandonne à nouveau ses réflexions, enferme ses papiers dans un tiroir, et retourne à ses recherches théologiques et alchimiques ».

Si Newton se détourne de l'étude du mouvement des planètes, d'autres s'y intéressent. La *Royal Society* met le sujet à son programme en 1684 : « Peut-on démontrer les lois de Kepler à partir de la conjecture de Hooke ? » Hooke justement prétend l'avoir fait mais ne produit pas de démonstration, Halley (1656-1742) reconnait son échec et personne ne remporte le prix promis à qui résoudrait la question.

- La visite d'Edmund Halley. « Je connais la solution ».

Le jeune E. Halley va faire sortir Newton du bois. En visite chez lui, cette même année, il lui soumet donc la question tant débattue : « quelle serait la trajectoire d'une planète attirée par le soleil avec une force inversement proportionnelle au carré de sa distance au soleil ? ». « Ce serait une ellipse et j'ai démontré ce résultat » répond Newton à son visiteur dont on imagine la surprise. Newton prétend alors ne pas pouvoir mettre la main sur les papiers en question, mais promet d'en faire une nouvelle version, bien mise au net. La machine est lancée : Isaac oublie tout le reste, manger, dormir, ses autres sujets d'étude ; durant deux ans, il semble ne faire que ça : rédiger ce qui allait devenir les *Principia*. Ils sont présentés à la *Royal Society* en *preprint*, et le 5 juillet 1687 l'édition est terminée.

- Deux lecteurs impressionnés, Huygens et Leibniz.

Ils sont tous deux âgés, mais reconnus comme les plus grands dans monde des mathématiques et de la *philosophie de la nature*, comme on appelait alors la physique; Newton leur envoit son livre. L'un comme l'autre sont très impressionnés par l'ampleur de l'œuvre et la force des démonstrations mathématiques et physiques. Toutefois, l'un et l'autre contestent l'œuvre newtonienne « à la base ». Huygens juge que la notion d'attraction à distance est *absurde* : comment, par quel mystère, par quelle magie deux corps entièrement séparés par un espace vide pourraient-ils agir l'un sur l'autre ? C'est toute la conviction de la physique mécaniste qui se hérisse devant ce retour des *forces occultes*. Leibniz reproche à Newton de ne pas expliquer ce qu'est l'attraction universelle. Il montre sans doute *comment* elle agit, mais n'en donne pas la cause. Selon Leibniz, c'est faire fi de la tâche première de la science : dévoiler les causes.

- La mathématisation semble irrésistible

Les théories mathématiques sont en pleine expansion depuis la découverte par Leibniz et Newton du calcul infinitésimal. Les fonctions, le calcul des probabilités, la géométrie projective etc. ouvrent de grandes perspectives à ces sciences. La rencontre amorcée au XVII^e^ siècle entre la physique et les mathématiques tient ses promesses dans certains domaines. En astronomie, les succès de la théorie newtonienne de l'attraction universelle sont tels que les mouvements célestes sont tous –ou presque- expliqués grâce à une formule unique (celle qui exprime la force d'attraction entre deux corps). En mécanique, les choses prennent la même direction, en optique les mathématiques font merveille, la résistance des milieux se laisse aussi apprivoiser par les équations. Les phénomènes sonores, avec l'étude des cordes vibrantes n'échappent pas à ce mouvement d'ensemble. On voit des domaines comme la médecine ou la chimie amorcer des flirts poussés avec les mathématiques. De bonnes raisons confirment la thèse d'Emmanuel Kant selon qui une théorie de la nature ne serait vraiment science que dans la mesure où la mathématique pourrait s'y appliquer. Le mouvement de mathématisation parait en mesure de tout emporter.

Buffon contre Clairaut

Une anomalie semble inexplicable dans la trajectoire lunaire : la ligne des absides se déplace et ne voit pas comment l'expliquer selon la théorie newtonienne.

Clairaut propose en 1748 de changer la formule générale de la force d'attraction ; il propose:

$k/r^2 + k'/r^4$ au lieu de of k/r^2.

En 1749 Buffon s'oppose vigoureusement à cette solution et ses arguments sont intéressants[1]. Il s'agirait là d'ue adaptation artificielle des mathématiques à une situation particulière, ce serait un « modèle » qui n'exprimerait pas de force physique réelle. Ainsi dit-il,

k/r^2 exprime la réalité de l'attraction mais que peut bien exprimer de réel le facteur k'/r^4?

Selon lui, un terme mathématique doit exprimer une réalité physique.
« On peut tout représenter avec un calcul, et on ne réalise rien ». [Avec une telle formule – celle de Clairaut] *« on ne nous donne que de l'arbitraire au lieu de nous représenter la réalité »*. (*réflexions sur la loi d'attraction*).

[1] « Réflexions sur la loi d'attraction », *Œuvres*, Pléidade, 2007, pp.19-24.

UN AUTRE GENRE DE PRESENCE DES MATHEMATIQUES, L' OPTIQUE

Leibniz : la "Nova methodus pro maximis et minimis, itemque tangentibus, quæ nec fractas nec irrationales quantitates moratur et singulare pro illis calculi genus", Acta Eruditorum , 1684, in Naissance du calcul différentiel, Paris, Vrin, 1989, p. 96-117.

La *Nova Methodus...,* est en quelque sorte le manifeste leibnizien du calcul différentiel et le problème de la réfraction y joue le rôle d'exemple probant d'utilisation efficace de cet algorithme nouveau. Le caractère optique de la question y est traité 'comme en passant'. Il s'agit d'employer les règles précédentes (les formules de dérivation) *dans des exemples [...] immédiatement intelligibles*.

> Etant donnés deux points C et E et la droite SS dans le même plan nous cherchons quel point F il faut prendre sur SS pour que, une fois tracées CF et EF, la somme du produit de CF par une donnée h, et du produit de EF par la constante r, soit la plus petite possible;

Jusqu'à présent, nous avons à faire à un pur problème de minimum, parfaitement abstrait et sans signification physique; mais, poursuit Leibniz

> si SS est la frontière entre deux milieux, h représentant la densité du côté de C par exemple de l'eau, et r la densité du côté de E, par exemple de l'air, nous cherchons donc le point F tel que de tous les chemins allant de C à E, celui passant par lui est le plus commode.

On cherche maintenant un certain chemin, le plus commode, qui est justement celui qui correspond à la quantité minimale; il n'est pas encore question ici de lumière et le calcul suivant pourrait tout aussi bien être adapté à la mécanique des projectiles. Le fait est que Leibniz *l'adapte* à la dioptrique où les densités h et r sont *déterminées par la résistance que les milieux opposent aux rayons lumineux*.

Le principe *tiré des causes finales* qui fait l'essentiel de l'*Unicum principium* n'est pas explicite dans cet article de 1684. Il ne s'agit pas d'un article de physique, mais de mathématiques. L'auteur se plaît à souligner combien ses récentes découvertes sont adéquates à la physique convenablement pratiquée, c'est-à-dire aussi bien par les causes finales. La réussite de cette adaptation de l'algorithme aux exigences phénoménales est de grande importance pour Leibniz. Réussir à ériger une démonstration de la loi de la réfraction de cette manière, c'est évidemment et en retour contribuer à valider l'algorithme nouveau. Les applications et généralisations sont d'ailleurs considérables (cf. la remarquable extension donnée par Leibniz dans le *De lineis opticis et alia*, publié en janvier 1689 dans les *Acta*). Lorsqu'il intervient sur la question de la réfraction, Leibniz s'est doté de l'algorithme de différentiation qui, mathématiquement, permet de découvrir dans toute sa généralité les extrema d'une variation de type fonctionnelle. Si l'efficacité 'pratique' de son algorithme infinitésimal est rendue manifeste, c'est aussi et surtout sa capacité à exprimer, à traduire sa conception métaphysique du monde qui est en jeu. Son nouveau calcul est l'expression symbolique du principe de minimum. Ceci est en parfaite harmonie avec le système général de Leibniz et plus particulièrement avec sa théorie de la création. Les substances venues à l'existence, comme les phénomènes résultent d'un calcul divin. Dieu est en fait le grand calculateur qui optimise le rapport des effets aux causes. Ce calcul ne se fait pas arbitrairement ou de manière contingente. Le monde et ses composants existent d'abord en tant qu'ensemble logique et aussi avec une densité d'être et une harmonie maximales. Il serait contradictoire avec l'infinité de la volonté et de la liberté et de l'entendement divin qu'il en fut autrement. Un phénomène physique doit donc obéir à ce principe d'économie ou de raison suffisante: pas de cause inutile.

Venons-en aux calculs en adoptant le schéma et les notations de la *Nova methodus...*:

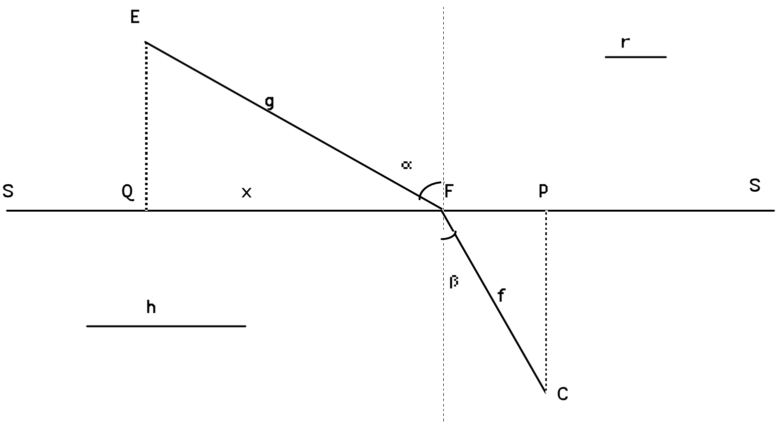

Figure 7.

SS est une surface séparant deux milieux de "résistances" différentes notées r et h. Un rayon lumineux va de E en C et coupe la surface en un point F. Le problème revient à connaître l'emplacement de F pour que le chemin soit le plus facile.

Leibniz définit, comme il l'a annoncé une "fonction difficulté":

D= EF.r + FC.h.

La variable est x = QF. Il exprime alors D en fonction des paramètres connus et de x. Les paramètres fixés sont e = EQ, p = QP, c= CP

On a donc : $g(x) = (e^2 + x^2)^{1/2}$ $f(x) = ((p-x)^2 + c^2)^{1/2}$ et d= g.r + f.h.

A ce stade, Leibniz opère la jonction de son principe téléologique et de sa récente découverte du calcul infinitésimal :

> Il ne faut toutefois pas considérer que cette densité est déterminée à notre guise, mais par la résistance que les milieux opposent aux rayons lumineux. Nous en déduisons la démonstration d'un calcul que j'ai déjà donné dans les *Acta*, en exposant le principe général de l'Optique, de la Catoptrique et de la Dioptrique. Or d'autres très éminents Savants ont dû en passer par de multiples détours pour débusquer des résultats que toute personne accoutumée au présent calcul établira à l'avenir en trois lignes (*Nova Methodus,* p.115)

Il indiquait en effet dans l'*Unicum principium* qu'il savait minimiser *d* en calculant sa différentielle et en l'annulant.

$d(D) = d(f).h + d(g).r$ (ici, d(D) désigne la différentielle de D, de même pour les autres)

$d(f) = d((p-x)^2 + c^2)^{1/2} = (x-p)/f(x)$ et $d(g) = d(e^2 + x^2)^{1/2} = x/g(x)$

donc, $d(D) = h.(x-p)/f(x) + r.x/g(x)$ et $d(D)=0$ ssi $h.(p-x)/f(x) = r.x/g(x)$

or $(p-x)/f(x) = \sin\beta$ et $x/g(x)=\sin\alpha$

on a $\mathbf{\sin\alpha / \sin\beta = h/r}$

Le rapport des sinus est donc donné, égal à l'inverse des résistances des milieux.

Trop cachées pour être certaines; les causes proches.

Ce qui m'importe ici est de pouvoir souligner la position du problème de la réfraction dans le dispositif leibnizien. Ce n'est pas un point central de sa physique mais un point de rencontre essentiel entre physique et métaphysique. Sans principe architectonique, on ne viendrait pas à bout du problème) et en retour, le succès de la résolution donne un argument puissant en faveur des principes *sublimes*.

La nature de la lumière, comme objet physique réel dépasse de toute manière nos possibilités d'analyse.

> Tous les phénomènes naturels se pourraient expliquer mécaniquement, si nous les entendions assez; mais […] les principes mêmes de la mécanique ne sauraient être expliqués géométriquement, puisqu'ils dépendent des principes plus sublimes, qui marquent la sagesse de l'auteur dans l'ordre de la perfection de l'ouvrage[i]. *Tentamen Anagogicum*, (1697), p.95-96

L'importance des causes finales en physique est réaffirmée avec beaucoup d'insistance par Leibniz dans de nombreuses œuvres

> Il est évident que la cause finale est utile en physique et qu'elle sert à découvrir des vérités cachées" [ii].(Leibniz, *De ipsa natura,* P.S. IV, p.506) Même si La voie des causes efficientes...est plus profonde en effet et en quelque façon plus immédiate et à-priori, (elle) est en récompense assez difficile quand on en vient au détail...mais la voies des finales est plus aisée et ne laisse pas de servir souvent à deviner des vérités importantes et utiles qu'on serait bien longtemps à chercher par cette autre route plus physique..."[iii] Leibniz, *Discours de métaphysique*, § XXII

TRIOMPHE ET CONTESTATION DE LA MATHEMATISATION

Il suffit de mentionner d'Alembert, Euler, Clairaut, Monge, Laplace, Lagrange, parmi d'autres, pour réaliser les succès de la mathématisation des phénomènes aux XVIIIe et XIXe siècles ; c'est bien le cas en astronomie, en mécanique, dynamique, optique, électricité, électromagnetisme, théorie de la chaleur.

Cette association est si puissante qu'elle semble devoir être universelle.

Selon cette conception, la *véritable* science est celle qui peut être exprimée en termes mathématiques. La voie est grande ouverte pour la possible réduction de tout phénomène naturel à un phénomène physico-chimique.

D'ailleurs, une vaste conceptualisation de cette perspective est bientôt élaborée par E. Kant.

Le philosophe allemand propose un une impressionnante thèse pour rendre compte de la coïncidence entre les productions de notre esprit et la réalité physique, entre les domaines sensibles et rationnels. Un cadre puissant est ainsi offert à la physique classique et aux sciences naturelles en général.

Outre aux critiques proprement philosophiques, ce système se heurtera à certains développements des sciences, et notamment des mathématiques (Les géométries non euclidiennes, les nombres complexes, les espaces à n dimentions etc.). Certains néo-kantiens (Cassirer par exemple, ou certains empirio criticistes) sauront déveopper de profondes contre argumentations.

Contestations

Rapidement, des voix s'élèvent pour contetster l'universalité, voire l'actualité de cette thèse de la mathématisation générale des sciences.

Buffon et Reaumur qui furent, dans leur jeunesse d'excellents mathématiciens, se tournent résolument vers les sciences biologiques dont les développements spectaculaires au cours d u XVIIIe siècle annoncent ceux, encore plus remarquables du XIXe. Or, ces sciences ne paraissent pas répondre aux normes de la mathématiation et s'en passer fort bien.

Le philosophe qui s'élève le plus radicalement contre l'hégémonie des mathématiques dans les sciences est Denis Diderot. Il sera utile de comarer son point de vue à celui de d'Alembert.

Diderot et Les *Pensées sur l'interprétation de la nature*

Le *Discours préliminaire* de *l'Encyclopédie* est à deux voix, la première et la troisième partie sont dues à d'Alembert et la seconde à Diderot.

Au moment même où il rédige les « scandaleux » et tellement frivoles *Bijoux indiscrets*, alors même qu'il s'engageait dans l'*Encyclopédie,* Diderot préparait cinq *Mémoires sur différents sujets de mathématiques* grâce auxquels il espérait « prouver au public qu'[il] n'était pas tout à fait indigne du choix des libraires associés de l'*Encyclopédie* »[2] .

---

[2] Diderot, cité *in* Wilson, Arthur M., *Diderot, sa vie, son œuvre*, (1972), trad. française, Paris, Bouquin, 1985, p. 74.

Que doit-on penser de ces *Mémoires* ? Plus de bien que ne l'a prétendu la tradition anglaise qui vit en lui « un plaisantin des mathématiques »[3], mais pas autant que l'auteur de la recension du *Journal des savants* qui écrivait que « Monsieur Diderot est fort en état de donner des solutions savantes, sur des difficultés qui requièrent un calcul épineux et délicat » ou que celui du *Mercure de France* saluant ainsi l'auteur que «l'on connaissait déjà pour un homme de beaucoup d'esprit. En lisant ces mémoires, on reconnaîtra qu'il joint à cet avantage celui d'être un savant musicien, mécanicien ingénieux et profond géomètre »[4].

L'historien des sciences Jean Dhombres a analysé ces textes et sa conclusion, convaincante, est celle-ci : « Diderot a maîtrisé les calculs révolutionnaires de Newton et Leibniz, allant bien au delà de l'effort d'un Voltaire par exemple. Cependant, à une exception près, Diderot n'a saisi aucun des outils nouveaux des mathématiques du XVIII^eme^ siècle, outils forgés par Euler et d'Alembert, un peu plus tard par Lagrange et Laplace […] Il en reste à une géométrie dépassée »[5].

On verra bientôt le même Diderot engagé dans une sorte de croisade anti-mathématicienne qu'il faudra tâcher de comprendre.

Diderot s'est montré véritable homme de science en d'autres disciplines, notamment dans les sciences du vivant. Il fut –de tous les encyclopédistes- le plus impliqué dans les discussions et dans l'élaboration de théories au sujet des organismes vivants. Qu'il s'agisse de l'origine de la vie, de l'interaction entre les molécules, de la génération spontanée, des hypothèses transformistes, il connaît les argumentations, avance des suggestions. Il connaît bien Buffon, Lamarck le connaît bien. Dès 1749, avant sa parution, Diderot a connaissance du contenu du premier volume de l' *Histoire naturelle* de Buffon. Le *Rêve de d'Alembert* ou les très nombreux articles de l'*Encyclopédie* qui traitent de ces sujets et qu'il a lui-même rédigé font de lui, bien d'avantage qu'un spectateur des sciences du vivant, un des acteurs importants.

« Le règne des mathématiques n'est plus –croit pouvoir soutenir Diderot- le goût a changé. C'est celui de l'histoire naturelle et des lettres qui domine.»[6].

La thèse de départ des *Pensées sur l'interprétation de la nature* consiste à soutenir que les mathématiques sont inutiles et même fausses dans leurs développements présents. Cette science n'est qu'un jeu formel sans objet consistant et –accusation suprême- n'est, au fond, qu'une métaphysique. Quant à leur fausseté elle éclate dès que les mathématiques « mettent le pied sur terre », dès que l'on essaie de les appliquer à la matière réelle et c'est une des raisons pour lesquelles

> « Nous touchons au moment d'une grande révolution dans les sciences. Au penchant que les esprits me paraissent avoir à la morale, aux belles-lettres, à l'histoire de la nature et à la physique expérimentale, j'oserais presque assurer qu'avant qu'il soit cent ans, on ne comptera pas trois grands géomètres en Europe. Cette science s'arrêtera tout court où

---

[3] *Id.*, p.76
[4] *Id.*, p. 76
[5] Dhombres, Jean, « Quelques rencontres de Diderot avec les mathématiques », Actes du colloque international Diderot, 4-11 juillet 1984.
[6] Le Ru, Véronique *op. cit.*,p. 180

l'auront laissée les Bernoulli, les Euler, les Maupertuis, les Clairaut, les Fontaine et les D'Alembert. Ils auront posé les colonnes d'Hercule. On n'ira point au delà » [7].

Si Diderot se trompe complètement dans ses prévisions et sa perception de l'état et du dynamisme des mathématiques, il est une évolution qu'il sent et enregistre admirablement, c'est l'essor que vont prendre des sciences « nouvelles », les sciences du vivant, la physique appliquée et la chimie. Ces disciplines semblent avoir peu ou pas besoin des mathématiques récentes mais bien plutôt des qualités requises par le « meilleur esprit » : l'imagination, la poésie, la capacité à procéder par analogie, à avancer des extravagances, tout ceci associé à un souci constant de l'expérimentation.

Diderot ne tourne pas le dos aux sciences en général, mais aux sciences trop abstraites, trop mathématisées, trop déterminées par la déduction logicienne. S'il le fait, c'est peut-être pour des raisons associées à un désappointement personnel, mais c'est surtout parce qu'il a saisi la merveilleuse luxuriance des sciences nouvelles du XVIII[eme] siècle. La chimie entre en effervescence, on découvre des corps gazeux distincts de l'air ; Van Helmont voit dans la notion de *gaz*, la manifestation d'un esprit tandis que l'anglais Stephen Hales associe leur étude à leur effet sur les végétaux et les animaux. Voilà de quoi passionner Diderot. Mais c'est surtout dans les sciences de la vie que la prolifération des observations et des doctrines est proprement saisissante : il semble que –grâce aux explorations et voyages notamment- l'on puisse trouver indéfiniment dans la nature de nouvelles espèces ou variétés et il apparaît que l'on puisse aussi soumettre la botanique, la zoologie, la physiologie à des conjectures, des hypothèses ou des théories les plus audacieuses ou les plus folles. Dans le *Rêve,* Bordeu n'évoque-t-il pas la possibilité « d'accoupler hommes et chèvres pour faire d'excellents domestiques ? ».

A partir de l'idée selon laquelle l'hétérogénéité est une catégorie générale bien supérieure à l'homogénéité, Diderot s'interroge « de même que dans le règne animal et végétal, un individu commence, pour ainsi dire s'accroît, dure, dépérit et passe ; n'en serait-il pas de même des espèces entières ? Si la foi ne nous apprenait le contraire, le philosophe, abandonné à ses conjectures, ne pourrait-il pas soupçonner [l'évolution] ? »[8]. Tout est alors ouvert en ces domaines : les théories de la préformations, les épigénistes, les tenants de la génération spontanée, leurs opposants, ceux de la double-semence. D'aucuns commencent à forger des doctrines transformistes, d'autres insistent pour stabiliser la notion d'espèce ; certains encore déploient les conséquences de l'application du mécanisme au vivant : l'animal-machine cartésien a eu des effets très remarquables dans l'étude des organes, de la circulation, de la contraction musculaire etc. A l'inverse, une puissante école rejette le « réductionnisme » qui fait du vivant un « simple mécanisme » et promeut des théories « vitalistes ». On y trouve plusieurs encyclopédistes parmi lesquels les médecins Bartez et Bordeu (celui du *Rêve de d'Alembert*). Les problèmes essentiels de classification (des végétaux et des animaux) sont l'occasion de formidables controverses, dont certaines sont proprement philosophiques. Par exemple que doit-on entendre par espèce, sinon un choix commode, arbitraire et formel comme le soutiennent les nominalistes : ce qui existe réellement, ce sont des individus, tous distincts, les regroupements en variétés, espèces, types, classes ne recoupent pas d'existants réels, mais seulement logiques ou artificiels. D'ailleurs, choisir les critères de classification est une rude tâche ou une conjecture aventureuse, comme l'illustre la remarque moqueuse du naturaliste Adamson

[7] Diderot, « De l'interprétation de la nature », IV, *op. cit.*, p.180-181.
[8] Diderot, « De l'interprétation de la nature », LVIII, *op. cit.*, p. 241

qui évoque les classifications végétales du XVIII[eme] « Tournefort préféra la corolle, Magnol le calice, Boerhave le fruit, Siegesbeck les graines ; enfin M. Linnaeus fut pour les étamines »[9]. Diderot prend parti, contre Linné et pour Buffon sur tel point important, contre Buffon par ailleurs, mais enfin il intervient et il le fait avec brio, érudition et compétence.

Ainsi l'auteur des *Salons* est-il bien aussi du camp des savants de son temps mais, s'il voit, et même prévoit certains développements des sciences, il n'en comprend pas et en manque d'autres parmi les plus importants. Il se trouve que par un effet de symétrie, ce sont justement ceux où d'Alembert joue un rôle de premier plan : les mathématiques, la mécanique (que d'Alembert considère comme une partie des mathématiques), la dynamique, c'est-à-dire l'étude des forces, la balistique (ou étude des trajectoires des projectiles), l'astronomie avec la « mise en équation du système solaire ». Loin de stagner, ces domaines fortement mathématisés connaissent un essor formidable.

Au fond, l'un et l'autre dévoilent le cœur de leurs désaccords lorsqu'ils s'exposent comme philosophes, occupés d'une philosophie de la connaissance, d'une épistémologie. Diderot serait plutôt partisan d'une philosophie expérimentale qui s'opposerait au rationalisme systématique :

> « Nous avons distingué deux sortes de philosophies –écrit-il dans les *Pensées sur l'interprétation de la nature* -l'expérimentale et la rationnelle. L'une a les yeux bandés, marche toujours en tâtonnant, saisit tout ce qui lui tombe sous la main, et rencontre à la fin des choses précieuses. L'autre recueille ces matières précieuses, et tâche de s'en former un flambeau ; mais ce flambeau prétendu lui a, jusqu'à présent, moins servi que le tâtonnement de sa rivale, et cela devait être […] La philosophie expérimentale ne sait ni ce qui lui viendra, ni ce qui ne lui viendra pas de son travail ; mais elle travaille sans relâche. Au contraire, la philosophie rationnelle pèse les possibilités, prononce et s'arrête tout court. Elle dit hardiment : *on ne peut décomposer la lumière* : et la philosophie expérimentale l'écoute et se tait devant elle pendant des siècles entiers ; puis, tout à coup, elle montre le prisme et dit : *la lumière se décompose* »[10].

Passons sur la présentation pour le moins unilatérale de cette évocation de la question de la décomposition de la lumière, qui doit bien davantage à une démarche rationnelle que ne veut bien l'admettre ici Diderot.

i
ii
iii

[9] Adanson,Michel, *Famille des plantes*, Paris 1763, cité in *Œuvres philosophique* de Diderot, *op. cit.*, p.223, n.1

[10] Diderot, « De l'interprétation de la nature », XXIII, *op. cit.*, p.193