



HAL
open science

Les recherches actuelles sur d'Alembert

Michel Paty

► **To cite this version:**

Michel Paty. Les recherches actuelles sur d'Alembert : A propos de l'édition de ses Oeuvres complètes. in Michel, Alain et Paty, Michel (éds.). Analyse et dynamique sur l'oeuvre de d'Alembert, Presses de l'Université de Laval, Québec, 2002. halshs-00004320

HAL Id: halshs-00004320

<https://shs.hal.science/halshs-00004320>

Submitted on 29 Jul 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

in Michel, Alain et Paty, Michel (éds.). *Analyse et dynamique. Etudes sur l'œuvre de d'Alembert*, Presses de l'Université Laval, Québec, 2002, p.-.

Les recherches actuelles sur d'Alembert

A propos de l'édition de ses *Oeuvres complètes**

Michel PATY**

*A la mémoire de Georges Gusdorf*¹

INTRODUCTION.

UN NOUVEL INTERET POUR D'ALEMBERT

La concrétisation récente du projet de publication des *Oeuvres complètes* de Jean le Rond d'Alembert (1717-1783), *Géomètre et Philosophe*, redonne une actualité aux recherches sur cet auteur dont l'importance est fondamentale dans de nombreux domaines de l'histoire des sciences et des idées. La pensée et l'oeuvre de d'Alembert intéressent aussi bien les mathématiques, la physique, la philosophie, où ses travaux ont fait date, que l'histoire intellectuelle, sociale et politique, par son activité dans la société de son temps, dans une période particulièrement riche, celle de la France et de l'Europe des Lumières. Son rôle de co-directeur de l'*Encyclopédie*, avec Diderot², son influence sur les Académies de Paris et de Berlin notamment, ses rapports avec les grands esprits de son époque, sont notoires et particulièrement significatifs de la place de la science dans le mouvement des idées et dans les changements sociaux du siècle.

* Une première rédaction de ce travail avait été préparée en 1993, pour le Congrès International d'Histoire des Sciences de Saragosse (qui s'est tenu en août de cette année-là), où l'auteur n'avait pu se rendre, mais où le texte fut distribué. Le texte présent a été considérablement remanié pour tenir compte des nombreux travaux de recherche réalisés depuis lors. Nous ne pouvions cependant être exhaustifs et rendre justice à tous. Nous avons surtout voulu rendre compte d'une dynamique et en montrer l'intérêt.

** Equipe REHSEIS (UMR 7596), CNRS et Université Paris 7-Denis-Diderot.

¹ Georges Gusdorf (1912-2000), professeur à l'Université de Strasbourg, s'est éteint le 17 octobre 2000, quand je mettais une dernière main à ce travail. Je lui dois de m'avoir orienté, lors de mes études de philosophie, quand j'ai suivi son enseignement de maîtrise puis de DEA sur le dix-huitième siècle, vers la pensée de d'Alembert. C'est sous sa direction que j'ai préparé ma thèse de doctorat en philosophie sur ce sujet, soutenue en 1977.

² D'Alembert et Diderot [1751-1780]. Voir la bibliographie. En toute rigueur, d'Alembert cessa d'être co-directeur de l'ouvrage en 1759, tout en continuant d'assurer la responsabilité des textes de physique et de mathématiques.

On peut estimer cependant que cette oeuvre, dans la diversité de ses dimensions, n'avait pas reçu jusque récemment, de la part des historiens et des philosophes, une attention suffisante. Symptomatique était, à cet égard, l'échec des projets successifs de publication de ses *Oeuvres*, faute de rencontrer un intérêt suffisant. Le mauvais sort semble enfin heureusement conjuré, plusieurs institutions³ ayant décidé de soutenir le projet qui leur a été soumis, et de consacrer des moyens à sa réalisation. Celle-ci est avant tout possible, bien entendu, parce qu'un certain nombre de chercheurs en histoire et en philosophie des sciences, mais aussi d'autres disciplines comme l'histoire, l'histoire littéraire, l'astronomie, la physique des fluides, ont réussi à conjuguer de manière déterminée leurs efforts dans cette direction. Si le projet, qui a commencé d'être repris depuis bientôt près de dix ans, a pris corps, cela est dû en premier lieu à l'enthousiasme de ces chercheurs et à la coopération des diverses équipes françaises d'histoire des sciences et d'épistémologie, auxquelles se sont joints plusieurs spécialistes d'autres pays⁴.

L'intérêt pour la pensée et l'oeuvre de d'Alembert s'est soutenu de manière constante, bien que relativement discrète, depuis plusieurs décennies. Plusieurs ouvrages, monographies et thèses, et de nombreux articles lui ont été consacrés, étudiant tantôt ses contributions en mathématiques et en physique, tantôt son oeuvre philosophique ou «littéraire», et tantôt tentant de tenir ensemble les deux⁵. Par ailleurs, les études faites également sur ses contemporains ou ses successeurs (parmi ces derniers, en premier lieu, Lagrange, Laplace et Condorcet) concourent également à faire mieux voir l'importance de ce savant et penseur, pour l'histoire des sciences, mais également pour celle des idées, philosophiques, et aussi bien littéraires, morales et politiques, et à mieux le saisir dans son temps, parmi ses contemporains⁶.

De telles études sur d'Alembert et sur des sujets connexes, qui étaient hier encore exceptionnelles, en comparaison avec les savants ou les philosophes dont on parle et que l'on enseigne⁷, ont commencé de se multiplier dans les dernières années, en relation, sans doute, aux travaux préparatoires à l'édition de

³ En premier lieu, le CNRS. L'Académie des sciences considère, dans un vœu, le projet actuel d'édition critique des *Oeuvres complètes* comme étant d'une importance prioritaire.

⁴ Je remercie, en particulier, pour leurs informations, pour leurs travaux, et pour de fructueuses discussions, Umberto Bottazzini, Eric Brian, Michelle Chapront, Anne-Marie Chouillet, Alain Coste, Pierre Crépel, François de Gandt, Gérard Grimberg, Christian Houzel, Alain Michel, Bruno Morando (prématurément disparu), Irène Passeron, Jeanne Peiffer, Elisabeth Schwartz, Jean Souchay, Jean-Luc Verley, Jérôme Viard, Christiane Vilain.

⁵ Par exemple, parmi les monographies dont j'ai connaissance, sans enquête exhaustive, depuis une trentaine d'années : Maheu [1967], Hankins [1970], Paty [1977], Le Ru [1994], Paty [1998], Grimberg [1998] ; et, pour les publications collectives, celles occasionnées par le bi-centenaire de la mort de d'Alembert, commémoré en 1983 (cf. Paty [1984c]) : Auroux et Chouillet [1984], Emery et Monzani [1989], auxquelles s'ajoutent le présent ouvrage et un numéro spécial de la revue *Corpus* sous la responsabilité de Francine Markovits et Jean-Jacques Szczeciniarz, à paraître en 2001. Signalons l'édition récente annotée, par Michel Malherbe, du *Discours préliminaire de l'Encyclopédie* de d'Alembert (d'Alembert [1751]2000). Une bibliographie complète est ici hors de question. D'autres travaux seront évoqués dans le cours de l'article, surtout les plus récents.

⁶ Voir notamment Merleau-Ponty [1983], Rashed [1988], Crépel et Gilain [1989], Galletto [1991], Passeron [1994], Martin-Viot [1994].

⁷ Parmi les signes de changement en ce qui concerne l'enseignement en France, d'Alembert a été «promu» en 1998 au nombre des auteurs au programme du concours d'agrégation en philosophie.

ses *Oeuvres complètes*. Mais il faut tenir compte également d'une conjoncture plus ample, où un intérêt croissant se marque pour la réflexion sur les sciences et pour une compréhension exigeante de leurs origines ainsi que de celles du monde moderne. Cet intérêt comprend la prise en compte d'un souci très marqué pour l'*exactitude historique* et pour le *rejet des reconstitutions simplificatrices* effectuées à partir de la science d'aujourd'hui et des configurations du monde actuel, ou organisées autour de schémas chronologiques qui ne retiennent que quelques noms de savants, devenus archétypiques ou paradigmatiques. La science et le monde actuels ne préexistaient pas à l'époque considérée, et c'est au contraire de cette dernière qu'ils sont originaires.

L'on oublie, ou l'on ignore, trop aisément que la physique et la mécanique classique nous viennent en très grande partie des mathématiciens et «géomètres» du XVIII^e siècle, continuateurs de Newton, certes, mais ayant fait fructifier le legs newtonien en le combinant à d'autres héritages, et en y ajoutant beaucoup d'éléments qui leur sont dus en propre.

J'ajouterai qu'un nouvel intérêt pour la question de l'*invention* et de la *découverte scientifiques*, qui se fait jour depuis quelque temps, incite à revenir à des oeuvres qui avaient été, au moins en partie, négligées par les historiens des sciences, à cause de leur difficulté de lecture dont la raison principale était pourtant, précisément, qu'y surgissaient des *idées neuves* en recherche de leur expression. Négligées ou sous-estimées en temps différé par les analystes, elles n'en avaient pas moins eu une influence considérable et souvent immédiate, directement ou indirectement (à travers leur reprise par d'autres), car telle est la vertu de ce qui est nouveau et produit les élargissements de la connaissance.

Et, en vérité, non seulement les philosophes, mais bien souvent les historiens des sciences eux-mêmes préféraient les avenues des *nouveautés aménagées* de la science, désormais bien acquises et assimilées, aux sentiers malaisés de sa *création* : si les premiers ont voulu l'affirmer expressément au cours du siècle qui s'achève par un choix volontaire de méthode (un choix que l'on peut estimer trop limitatif)⁸, il est plus difficile de le concevoir pour ce qui est des seconds : sans doute faut-il y voir l'indice d'un changement, d'un approfondissement, dans la conception de l'*historicité des sciences*. A coup sûr, d'Alembert fut la victime de l'illusion rétrospective, en raison d'une certaine difficulté, voire parfois d'une obscurité, de ses textes, qui se rencontrent surtout dans les traitements mathématiques. Cette sous-estimation prolongeait, dans un certain nombre de cas, les difficultés qu'il rencontrait déjà à cet égard de son vivant même, dans la concurrence qui l'opposait à ses pairs qui étaient souvent ses rivaux, notamment Alexis Clairaut et Leonhard Euler.

L'originalité de l'œuvre de d'Alembert n'a donc pas toujours été reconnue comme elle aurait dû l'être, parce que d'autres que lui ont su mieux mettre en valeur et déployer des idées qu'il fut le premier à émettre, tant en mathématiques qu'en physique, mais également en philosophie des sciences. Faute d'avoir été suffisamment étudiés, nombre de ses textes scientifiques, souvent marqués par les

⁸ Selon une conception qui lie la rationalité à la justification et abandonne la découverte aux jeux obscurs de la pensée : cette conception, affirmée clairement par la philosophie anglo-saxonne, avec la distinction entre «contexte de découverte» et «contexte de justification», était diffuse chez la plupart des autres philosophes de la connaissance.

obscurités de la gestation, n'avaient pas encore révélé toute la richesse d'aperçus et de développements neufs qu'ils révélaient, issus de sa pensée créatrice, et dans lesquels on peut voir ces contenus s'élaborer.

Les chercheurs qui, de nos jours, ont tenté l'aventure d'examiner de près tel ou tel de ses travaux ne manquent pas de souligner la remarquable *inventivité* - et l'on ne doit pas craindre de dire : la *créativité* - scientifique dont il y fait preuve. Elle leur apparaît avec évidence quand ils ont réussi à dépasser les difficultés du premier déchiffrement. C'est là sans doute l'une des plus fortes leçons des recherches récentes d'histoire et de philosophie des sciences sur l'œuvre de d'Alembert.

Je m'efforcerai dans ce qui suit de souligner quelques uns des aspects les plus marquants de son oeuvre et de sa pensée, en mettant l'accent sur ce que ces études nouvelles ont d'ores et déjà apporté et sur ce qu'elles laissent parfois déjà entrevoir.

L'ORGANISATION DES OEUVRES COMPLETES

Les textes de d'Alembert, mis à part les grands ouvrages, sont dispersés dans des mémoires d'Académies, dans des revues diverses, dans des volumes publiés par les soins de l'auteur (*Opuscules* et *Mélanges*), voire sont restés, pour certains d'entre eux, sous forme manuscrite⁹, et sont parfois difficiles à trouver. Quelques uns même furent confiés par lui aux ouvrages d'autres auteurs, comme tels de ses résultats sur le calcul différentiel qu'il ne prit pas lui-même le soin de publier mais qu'il communiqua à son élève Louis Antoine de Bougainville, le futur navigateur, lequel publia un *Traité de calcul intégral* en deux volumes (1754 et 1756) (les contributions, identifiées, de d'Alembert sont reprises dans l'édition des *Oeuvres*). De nombreuses et précieuses indications sont recélées dans la correspondance, dont la publication systématique restait à entreprendre. Il fallait donc rassembler ces textes et les étudier comme ils méritent de l'être, dans un premier temps par le travail d'édition critique, puis par les études futures qui en seront par là facilitées. Telle est la tâche entreprise par l'édition des *Oeuvres complètes* dont les premiers volumes verront le jour en 2001.

Il est essentiel, pour saisir véritablement l'importance de cette oeuvre, riche de résultats féconds et d'idées pionnières souvent audacieuses, d'en disposer dans une publication d'ensemble, systématique et critique, qui soit une édition de référence (au même titre que, pour cette époque, celle d'Euler¹⁰). Une telle entreprise ne peut être que de longue haleine : elle est estimée à une vingtaine d'années environ en conjuguant les efforts de deux ou trois dizaines de chercheurs qui s'y consacraient au moins partiellement. Ceux qui préparent actuellement les premiers volumes, qui commenceront de paraître en 2001, y travaillent depuis 1992 (sans préjuger des recherches antérieures de plusieurs d'entre eux sur notre auteur ou sur d'autres de la période), réunis pour cela dans un informel "Groupe

⁹ La bibliographie des écrits de d'Alembert la plus complète à ce jour est celle établie par Anne-Marie Chouillet pour le présent volume (Chouillet [2001]).

¹⁰ Cf. Euler [1911-]. Entreprise depuis 1911, cette édition est cependant encore inachevée.

d'Alembert", constitué au total d'une trentaine de chercheurs français et étrangers, appartenant à des équipes de recherches en sciences, histoire des sciences et philosophie, ou chercheurs isolés de diverses institutions françaises ou étrangères¹¹. Le travail commun est coordonné sous la responsabilité d'un "Comité pour l'édition des *Œuvres complètes* et la recherche sur d'Alembert et son temps" (plus brièvement, "Comité D'Alembert")¹².

Bien que la nécessité de publier les *Œuvres complètes* fût admise d'une manière générale, il était apparu initialement que le plus urgent était de réunir et de commenter en édition critique les travaux de la première période, qui est celle de la plus intense production scientifique de d'Alembert, de ses premiers mémoires de mathématiques à l'Académie des sciences de Paris à ses grandes oeuvres en mécanique des solides et des fluides et en astronomie (de 1741 au milieu des années 1750. Ensuite seulement aurait été entreprise la publication des œuvres ultérieures, tant dans les sciences mathématiques et physico-mathématiques (surtout rassemblées dans les *Opuscles mathématiques*), que dans les autres domaines de la pensée où d'Alembert s'investit de plus en plus à partir de la publication de l'*Encyclopédie* et de ses activités aux Académies (surtout à l'Académie Royale des sciences de Paris et à l'Académie française ; mais d'Alembert fut également membre de plusieurs autres, dont celle de Berlin dont il déclina la présidence, que lui avait offerte Frédéric II de Prusse).

C'est à cette première tâche que se sont consacrés d'abord les chercheurs, et l'édition de la première série des *Oeuvres* qui y correspond reste effectivement le premier objectif. Mais la réalité du travail de recherche satisfait rarement la logique ordonnée - la chronologie et le calendrier - des projets imaginés, et la réalisation s'annonce moins linéaire. Mais cela est assez naturel.

D'une part, en effet, le projet repose sur l'harmonisation de recherches individuelles, et non pas sur une planification systématique de la part des organisations partie prenantes qui auraient consacré pour cela des moyens à la hauteur de l'objectif, comme cela se fait parfois ailleurs dans de véritables entreprises d'éditions scientifiques. En outre, l'exigence de compréhension et de précision historique demande fréquemment de connaître les travaux ultérieurs, tels,

¹¹ Les équipes et institutions françaises parties prenantes du Groupe d'Alembert sont actuellement : le DANOF, Département d'Astronomie Fondamentale (UMR 8630), du CNRS et de l'Observatoire de Paris ; l'équipe REHSEIS (Recherches Epistémologiques et Historiques sur les Sciences Exactes et les Institutions Scientifiques (UMR 7596), du CNRS et de l'Université Paris 7-Denis Diderot ; le Centre Alexandre Koyré (UMR 48), du CNRS et de l'EHESS, à Paris ; l'équipe MAPLY (Laboratoire de Mathématiques Appliquées de Lyon (UMR 5585), du CNRS et de l'Université de Lyon 1 ; le LIRDHIST (Laboratoire Interdisciplinaire de Recherches en Didactique et Histoire des Sciences), de l'Université de Lyon 1 ; l'équipe Savoirs et Textes (UMR 8519), du CNRS et des Universités de Lille 1 et 3. L'organisation d'ensemble s'est tout d'abord effectuée par un GDR (Groupement De Recherches, du CNRS, n°1044) de 1993 à 1997 ; puis il a été soutenu par le Programme "Archives de la création" du CNRS, de 1997 à 2000. A ce titre, il est rattaché à l'actuelle ERS 2121, unité mixte de service, du CNRS et de la Fondation pour la science-Centre International de synthèse, Paris. En outre, le Centre National du Livre et l'Université de Lyon 1 co-financent six volumes des *Opuscles mathématiques*.

¹² En place depuis 1992, ce Comité a fonctionné de 1992 à 1996 en étant constitué de : Eric Brian, Anne-Marie Chouillet, François de Gandt, Bruno Morando, Michel Paty, Jeanne Peiffer, Elisabeth Schwartz. Renouvelé en 1997, il comprend actuellement (fin 2000) : Eric Brian, Anne-Marie Chouillet, Michelle Chapront, François De Gandt, Christian Gilain, Irène Passeron, Jérôme Viard.

par exemple, que ceux confiés aux neuf volumes des *Opuscules mathématiques*, qui permettent un éclairage mutuel entre les premiers traités et les développements qui leur ont fait suite.

D'autre part, l'apparat critique des premiers volumes (aussi bien d'ailleurs que celui des autres travaux scientifiques postérieurs) demande, pour être réellement éclairant, l'étude d'autres documents tels que la correspondance, pour laquelle un travail de collection s'impose, ou, surtout à partir de 1751, l'étude des articles de d'Alembert dans l'*Encyclopédie* et d'autres publications comme le *Journal des Savants* ou le *Mercure de France*, qui souvent accompagnent ses élaborations scientifiques, contribuent à en rendre explicites certains aspects, notamment conceptuels, et permettent de les resituer par rapport aux débats et aux polémiques de l'époque.

C'est ainsi que l'ordre de parution des volumes de la première série diffèrera de celui de la numérotation des volumes, et que certains tomes des séries ultérieures paraîtront avant que ceux de la première série ne soient terminés. Cette entorse à l'organisation chronologique-thématique n'en est pas vraiment une, puisque cette dernière sera respectée par l'ordre de numérotation des volumes ; elle est, en fait, conforme à la réalité d'une telle recherche, qui est faite d'imbrications et dont le parcours ne peut suivre un schéma rectiligne.

Ces aspects du travail collectif des chercheurs sont discutés et coordonnés au cours de rencontres de travail régulières, ainsi que de séminaires et de journées sur des sujets particuliers, organisés sous l'égide du "Comité pour l'édition des *Œuvres complètes...*". Une semaine de travail réunit notamment chaque année, depuis 1997, au Centre International de Recherches Mathématiques de Luminy (en Provence), les chercheurs du groupe d'édition des *Oeuvres* de d'Alembert¹³, où sont présentés et discutés les choix éditoriaux sur les volumes en cours. Des éléments d'analyse y sont soumis à l'appréciation collective, pour préparer les annotations éditoriales qui requièrent souvent des éclairages transversaux par des rapprochements avec d'autres parties de l'œuvre. Par exemple, la reformulation ou l'utilisation du principe de dynamique dans le traitement de tel problème d'astronomie, ou la présence, dans des travaux d'astronomie ou d'hydrodynamique, d'une méthode particulière de résolution d'équation différentielle, rencontrée par ailleurs, précédemment ou en même temps, dans les mémoires de mathématiques pures.

Au plan de la documentation, les chercheurs ont recueilli des informations et des matériaux auprès des fonds d'archives en France et à l'étranger, et une petite équipe a eu à cœur de préparer des instruments de travail pour l'entreprise dans son ensemble, tels que les inventaires de manuscrits et d'imprimés, les chronologies, les bibliographies, et les index¹⁴. Un inventaire des œuvres de d'Alembert (y compris une base de données pour la correspondance) a été effectué¹⁵.

Le travail de collaboration a permis de définir un appareil critique commun, et adapté à divers publics (chercheurs et étudiants, scientifiques,

¹³ Ces semaines sont organisées par Irène Passeron avec le soutien du CNRS.

¹⁴ Cette petite équipe inclut Anne-Marie Chouillet, Pierre Crépel et Irène Passeron. Voir Crépel [1996c, d].

¹⁵ Voir la contribution d'Anne-Marie Chouillet dans le présent ouvrage.

philosophes, historiens ou littéraires), et chaque volume est placé sous la responsabilité d'une ou plusieurs personnes. L'édition est prévue sur papier et électronique, cette dernière permettant des facilités d'utilisation par la caractéristique automatique des renvois d'un article à un autre, ce qui rend particulièrement indiquée l'édition électronique des articles de l'*Encyclopédie*, qui semble directement adaptée, grâce à la richesse de l'«hypertexte», aux mémorables stratégies des directeurs de l'ouvrage (le caractère subversif des idées assuré par un usage approprié des renvois).

Ainsi le travail d'édition avance-t-il, autour d'une structure relativement informelle, animée par des chercheurs qui ne disposent pratiquement pas de moyens spécifiques pour cette entreprise, et qui poursuivent de leur côté des recherches propres sur tel ou tel aspect de l'œuvre. Les "Presses du CNRS" assurent la publication.

L'édition des *Œuvres complètes* de d'Alembert comportera environ 35 volumes et sera la première édition *critique* présentant tous les textes publiés "scientifiques" et "littéraires", ainsi que des inédits. L'apparat critique pourra représenter jusqu'au tiers ou à la moitié de chaque volume, qui comprendra, outre les notes, une introduction historique, des annexes et un index. Le plan de l'édition suit, comme on l'a indiqué plus haut, un ordre chronologique et thématique, qui amène à distinguer cinq séries. La première série porte sur *Sciences mathématiques I* (avant l'*Encyclopédie*) ; la seconde, sur les *Articles de l'Encyclopédie* ; la troisième, sur : *Sciences mathématiques II : Opuscules mathématiques et autres recherches* ; la quatrième, sur : *Belles-Lettres: littérature, histoire, philosophie, musique* ; la cinquième sera consacrée à la *Correspondance générale* (active et passive)¹⁶. Et voici, maintenant, quelque détail des volumes à l'intérieur de chacune des séries¹⁷.

La *Première série : Sciences mathématiques I*, comprendra dix volumes ou fascicules, correspondant aux contenus suivants : 1. Formation de D'Alembert et premiers travaux (responsable: J. Peiffer). - 2. *Traité de Dynamique* 1743 et manuscrits connexes (resp. M. Paty et J. Viard).- 3. *Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides* 1744 (resp. M. Blay, P. Crépel, A. Coste).- 4. Calcul intégral et cordes vibrantes (resp. C. Gilain et U. Botazzini), qui sera vraisemblablement le second à paraître, en 2001. - 5. *Réflexions sur la cause générale des vents* 1747 (resp. F. De Gandt). - 6 Premiers textes de mécanique céleste 1747-1749 (resp. M. Chapront et I. Passeron) : ce sera le premier volume publié en 2001, et il comprendra un manuscrit inédit retrouvé sur la théorie de la Lune. - 7. *Recherches sur la précession des équinoxes* 1749 (resp. J. Souchay). - 8. *Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides* 1749-1752 (resp. M. Paty et G. Grimberg). - 9. *Recherches sur différents points importants du système du monde* 1754-1756 (I). - 10. *Recherches sur différents points importants du système du monde* 1756 (II)

La *Deuxième série : Articles de l'Encyclopédie*, sera répartie en 6 volumes (resp. E. Brian), et l'édition en sera, dans un premier temps au moins,

¹⁶ A la liste prévue, il faudra, sans doute, ajouter un ou deux volumes de textes dispersés et d'index général, chronologies, etc.

¹⁷ On a mis en italiques les titres qui correspondent à des traités publiés en volumes par d'Alembert, mais ils pourront aussi inclure des mémoires, ou d'autres documents.

uniquement électronique, selon ce qu'on annonce.

La *Troisième série : Sciences mathématiques II*, comprendra essentiellement les *Opuscules mathématiques*, volumes 1 à 9 (resp. P. Crépel). Ce sera un choix éditorial de savoir s'il faut «désosser» les *Opuscules* au contenu disparate, en combinant une présentation chronologique et thématique. Nous en reparlerons plus loin.

La *Quatrième série : Belles-Lettres (littérature, histoire, philosophie, musique)*, comprendra les *Eléments de musique*, les *Mélanges*, qui contiennent, entre autres la traduction de Tacite, l'*Essai sur les éléments de philosophie*, les *Eclaircissements* à cet *Essai*, la *Destruction des Jésuites*, et les volumes suivants porteront sur : Belles-Lettres et écrits personnels, Eloges et textes académiques.

La *Cinquième série : Correspondance générale* (resp. A.-M. Chouillet et I. Passeron), comprendra un premier volume d'Inventaire 1746-1783 ; un second volume pour la première période de la Correspondance 1746-1760 ; les volumes suivants seront déterminés par une répartition en tranches d'environ 350 lettres, pour un ensemble d'environ 2200 lettres répertoriées.

Certains volumes des séries suivantes connaissent déjà un degré de réalisation relativement avancé : il s'agit des premiers volumes d'articles de l'*Encyclopédie* et des deux premiers volumes de la *Correspondance*.

S'il est permis d'émettre une critique, la disposition des écrits de nature philosophique, noyés sans distinction nette dans la masse des écrits littéraires paraît mal appropriée à une mise en évidence directe de la force et l'originalité de l'apport philosophique de d'Alembert. Il n'est pas suffisant, à cet égard, d'invoquer le fait que d'Alembert ait lui-même rassemblé ses écrits non-scientifiques dans cinq volumes de *Mélanges*¹⁸, pour récuser toute possibilité d'en faire autrement pour ses *Oeuvres complètes*. En effet, la répartition choisie contrevient déjà au classement fait par d'Alembert, puisque ce dernier a bel et bien republié le *Discours préliminaire* de l'*Encyclopédie* dans les *Mélanges*, alors que, dans le projet d'édition, le *Discours préliminaire* figurera seulement dans la série sur les contributions à l'*Encyclopédie*. Il serait autant justifié, à mon sens, de faire sinon une série entière, du moins des volumes spécifiquement philosophiques, qu'il l'est de séparer thématiquement les volumes des sciences exactes. Je reviendrai plus loin sur ce que pourrait être une séquence des œuvres philosophiques de d'Alembert.

LA FORMATION ET L'HERITAGE

La publication des premiers travaux mathématiques de d'Alembert - qui figurent dans les premiers volumes -, tout en permettant de réévaluer avec précision ses contributions fondamentales en algèbre et en analyse (intégration des fonctions rationnelles, théorème fondamental de l'algèbre, problème des cordes vibrantes et intégration des équations aux dérivées partielles), fournit l'occasion d'approfondir la question de son apprentissage. Celui-ci se rattache aux circonstances du renouveau de la pensée mathématique et physique en France à cette époque, inaugurant une période extrêmement féconde, qui fut le siècle d'or de la science

¹⁸ Le contenu des *Mélanges* a été repris dans les éditions des *Oeuvres* (non-scientifiques) de 1805 et de 1821 (d'Alembert [1805, 1821]).

française - en gros des années 1730-1740 à 1830 -, après une période plus obscure qui la séparait d'un XVII^e siècle dont il est inutile de redire toute la richesse¹⁹.

Les premiers textes publiés et les manuscrits des premières années de la vie scientifique de d'Alembert témoignent de ses lectures, tant des manuels (Guisnée, Reyneau, de Gua, qu'il commente et dont il relève des erreurs) que des grands traités et des grands auteurs (outre Descartes et Fermat, il a lu les *Principia* de Newton dans la récente édition de Le Seur et Jacquier, le *Traité des fluxions* de MacLaurin ; il saisit toute l'importance de l'oeuvre de Jean Bernoulli sur le calcul différentiel leibnizien), sans omettre les travaux importants de ses prédécesseurs français immédiats comme Maupertuis, Clairaut ou Fontaine.

Sa formation a contribué à déterminer ses centres d'intérêt en mathématiques et dans les «sciences physico-mathématiques», et à façonner son «style» en ce qui concerne son approche des problèmes scientifiques et son travail de recherche. Pour les sciences physico-mathématiques, c'est-à-dire la physique, au sens d'aujourd'hui, mais limitée alors aux domaines susceptibles de traitement mathématique, ce style se caractérise par une attention aux principes et à la mise en oeuvre, légitimée par le choix critique de ces derniers, de la nouvelle analyse, celle du calcul différentiel et intégral.

La constitution de sa pensée mathématique et physique et son soubassement philosophique pose la question de l'héritage intellectuel de d'Alembert, de sa filiation ou de ses ruptures par rapport aux grandes directions de pensée qui avaient marqué l'espace intellectuel dans lequel il se trouvait. Cette question est, en particulier, celle de la manière suivant laquelle d'Alembert, dont la formation initiale fut en bonne part cartésienne, reçut et développa la science newtonienne²⁰.

S'il garda de sa formation une conception très cartésienne de l'intelligibilité et de la rationalité des principes de la connaissance, sa découverte de la science newtonienne détermina la direction de son travail dans les voies désormais ouvertes pour la physique, avec les lois de la dynamique et de l'attraction gravitationnelle et le traitement physico-mathématique des problèmes de la mécanique. L'oeuvre de d'Alembert n'est pas un simple développement de la physique newtonienne, mais constitue une véritable réorganisation conceptuelle de cette dernière, permise par la mise en oeuvre systématique du calcul différentiel et intégral, dans la formulation donnée par Leibniz. Aux deux influences mentionnées, on peut donc aussi ajouter la tradition leibnizienne, représentée notamment par Jean

¹⁹ Sur ces circonstances, on consultera avec intérêt l'étude de John Greenberg [1986], qui insiste sur les circonstances politiques ayant favorisé tantôt l'isolement et tantôt l'échange dans les relations scientifiques au niveau européen. Indiquons la parution récente de l'édition critique, par feu Pierre Costabel et Jeanne Peiffer, de la correspondance de Jean Bernoulli qui éclaire les circonstances de l'adoption par les mathématiciens français des conceptions de Newton et de Leibniz en analyse (Bernoulli [1988-1991], ainsi que l'étude de Michel Blay sur l'oeuvre de Pierre Varignon concernant l'analyse et la mécanique (Blay [1992]). En particulier, Varignon introduit les notations différentielles de la vitesse et de l'accélération : $v = \frac{dx}{dt}$ et $y = \frac{ddx}{dt^2}$. Voir également l'édition,

traduite en français et commentée par Marc Parmentier, des articles (écrits en latin) de Leibniz sur le calcul différentiel et ses applications à des problèmes de géométrie et de mécanique parus dans les *Acta Eruditorum*, de 1682 à 1713 : Leibniz [1989].

²⁰ Cette analyse est développée dans Paty [à paraître, a].

Bernoulli (autre inspirateur reconnu par d'Alembert²¹), qui établit l'analyse comme outil de pensée théorique.

D'Alembert fit ainsi fructifier cet héritage diversifié en développant son style propre dont une première illustration est la formulation originale qu'il donna des propositions fondamentales de la dynamique en termes des seules variables caractéristiques du mouvement, en réinterprétant une partie des énoncés newtoniens, grâce à la conceptualisation des variables du mouvement comme des grandeurs différentielles. C'est ainsi qu'il transcrivit les trois *lois* de Newton en trois *principes* du mouvement, et put dès lors rattacher la mécanique tout entière, avec la dynamique (science des modifications du mouvement) à une intelligibilité de type cartésien. Le double, et même triple, héritage intellectuel de ce pionnier de la physique mathématique que fut d'Alembert, marqua et son «style scientifique» (lui faisant mathématiser la dynamique par l'analyse différentielle sous le signe de ses principes), et son épistémologie, avec sa réflexion sur la nature des principes, sa pensée de la mathématisation des grandeurs corrélative d'une critique conceptuelle et d'une perspective féconde sur les “sciences physico-mathématiques”, et sa conception de l'intelligibilité rationnelle²².

LE STYLE DE L'ANALYSE ET LES PREMIERS TRAVAUX MATHÉMATIQUES

Le premier ensemble des travaux de d'Alembert qui constitueront la première série (I, volumes 1 à 10) des *Oeuvres complètes* sont ceux de sa période la plus productive scientifiquement, consacrée de manière quasiment exclusive à ses recherches mathématiques et physico-mathématiques. Comme les périodisations ne sont jamais exactes, surtout concernant l'élaboration d'une pensée et d'une œuvre, qui est un processus fait d'enchaînements divers et où les changements et même les ruptures s'effectuent sur fond de continuité, des choix étaient nécessaires. En gros, la période s'étend des premiers écrits jusqu'à l'année 1751, qui est celle de la publication du premier volume de l'*Encyclopédie*. Si les grandes œuvres en mathématiques et en physique admettent assez bien ce découpage (bien que l'*Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides* ait été publié en 1752, l'essentiel de son contenu était déjà acquis avec le texte en latin correspondant, de 1749), les travaux d'astronomie demandent une certaine élasticité, et s'étendront, dans ces volumes, jusqu'en 1756.

Si les résultats importants de ses travaux sont connus, notamment ceux de la première période, on sait moins l'originalité des méthodes par lesquelles il y est parvenu, et assez peu l'attitude de pensée d'ensemble qui les sous-tend. Le travail d'édition critique exige la prise en compte non seulement des mémoires publiés (en général peu lus), mais également des textes restés manuscrits, voire de ceux, perdus, dont on peut partiellement reconstituer le contenu grâce à d'autres sources. Il permet de mieux comprendre la genèse de la pensée de d'Alembert et de mettre en lumière des aspects importants sous-estimés ou même ignorés jusque-là

²¹ D'Alembert [1748].

²² Paty [à paraître, a].

par les travaux historiographiques.

Les deux premiers volumes de la première série consacrés aux mathématiques seront le tome 1, sur les textes manuscrits de sa période de formation et les premiers mémoires de mathématiques adressés à l'Académie des sciences, à l'exception de ceux sur l'hydrodynamique (de 1741 et 1742) que nous trouverons au début du tome 2 (contenant le *Traité de dynamique*), pour des raisons dont nous reparlerons ; et le tome 4, portant de manière dominante sur le calcul intégral, avec des solutions d'équations différentielles, jusqu'aux cordes vibrantes, avec le traitement systématique des équations aux dérivées partielles qui deviennent par là, et également dans les ouvrages sur les vents et sur la résistance des fluides, un nouveau domaine à part entière de l'analyse.

On doit aux contributions de d'Alembert en mathématiques des avancées décisives en algèbre et en analyse, ou calcul différentiel et intégral. Elles sont visibles dès ses premières recherches : rappelons sa démonstration originale du théorème fondamental de l'algèbre²³, son étude systématique des équations aux dérivées partielles²⁴, sa conception du statut et de la signification des nombres complexes²⁵.

Dans ses travaux mathématiques, d'Alembert a donné une place primordiale au domaine du calcul intégral, qu'il a approfondi et élargi. Les textes étudiés en rapport à l'édition de la première série concernent l'intégration des différentielles à une variable et celle des équations différentielles ordinaires. D'Alembert établit l'intégration des différentielles rationnelles sur des bases solides grâce à sa démonstration du théorème fondamental de l'algèbre, et étudie de manière systématique des types caractéristiques d'intégrales irrationnelles, introduisant des méthodes algébriques uniformes et parvenant à des réduction à des intégrales fondamentales, dans un domaine qui sera plus tard celui des intégrales elliptiques²⁶.

Chez d'Alembert, les mathématiques sont directement liées à leur mise en oeuvre dans des problèmes de physique théorique ou mathématique, de «mathématiques mixtes» comme l'on disait à l'époque, ou encore de «sciences physico-mathématiques», telles que la mécanique des solides et des fluides, l'astronomie, l'acoustique, l'optique. Il a donné des contributions fondamentales dans ces domaines, en même temps qu'il développait les méthodes de solution de problèmes mathématiques, souvent conçus en relation à leurs applications en physique ou en astronomie.

Les textes - articles et traités - contenus dans les volumes 2, 3, 5 et 8 de la première série, porteront essentiellement sur la mécanique des solides et des fluides, tandis que les volumes 6, 7, 9 et 10 seront consacrés aux travaux astronomiques. Tous se rattachent, sans s'y réduire, au *Traité de dynamique* (objet principal du tome 2), qui fournit la clé de l'unification et de la rationalisation de l'ensemble des problèmes de mécanique considérés dans quelque domaine que ce soit, et d'Alembert ne manque d'ailleurs jamais, à propos de ces problèmes, de

²³ Houzel [1989].

²⁴ Demidov [1982, 1989], Grimberg [1998].

²⁵ Verley [1989]. Voir, pour une mise en perspective historique des nombres complexes, cf. Flament [1996].

²⁶ Gilain [1997, 2001]. Voir aussi Tournès [1997].

rappeler son “principe” fondamental de la dynamique.

Mais nous restons encore pour une part dans les contributions en mathématiques avec les travaux d'hydrodynamique de d'Alembert, et notamment *l'Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides*, publié en 1752, et précédé du manuscrit en latin de 1749, adressé à l'Académie de Berlin. L'analyse de ces travaux de d'Alembert (réalisée par Gérard Grimberg dans sa thèse), a permis d'établir qu'ils constituent bien les premiers textes fondateurs de l'hydrodynamique comme science analytique, par la mise en oeuvre du calcul différentiel aux dérivées partielles, dont reparlerons plus loin.

Les conditions du traitement analytique des problèmes (physiques) de la résistance des fluides ont été déterminantes pour l'avènement de cette nouvelle branche de l'Analyse qu'est la théorie des équations aux dérivées partielles. La genèse des concepts de base de ce calcul différentiel partiel est un thème qui touche directement à la naissance de la théorie des fonctions de plusieurs variables, dont l'origine remonte aux travaux des Bernoulli et d'Euler dans les années 1730 et, à ceux, indépendants, de Fontaine et Clairaut. Dans la suite du travail de John Greenberg, celui de Gérard Grimberg, réexaminant la question des origines du calcul aux dérivées partielles et étudiant, à partir de son hydrodynamique, ce que le travail de d'Alembert devait à ses prédécesseurs et ce que lui-même y apporta en propre, a montré comment c'est dans l'œuvre de d'Alembert que les concepts clés du calcul différentiel des fonctions de deux variables sont pleinement à l'œuvre²⁷.

Pour en venir maintenant à la mécanique, l'énoncé du théorème fondamental de la dynamique (le “principe de d'Alembert”)²⁸ a fait date, avec l'unification, sous l'égide de ce dernier, de la mécanique des corps solides soumis à des forces quelconques²⁹, puis celle de l'hydrostatique et de l'hydrodynamique désormais étudiées de manière analytique et rattachées à la mécanique, par une extension du traitement des corps constitués de points matériels à ceux définis comme étant des milieux continus³⁰. En astronomie physique, ou mécanique céleste, l'œuvre de d'Alembert comprend le développement de méthodes nouvelles, comme le traitement du “problème des trois corps”, l'étude du mouvement de la Lune, l'étude théorique détaillée de la figure de la Terre dans la théorie newtonienne, celle de la précession des équinoxes, de la nutation de l'axe de la Terre, ...³¹ Ces travaux font de d'Alembert le successeur, au dix-huitième siècle, avec Euler et Clairaut, et avant Lagrange et Laplace qui seront leurs continuateurs, de Newton en mécanique et en astronomie.

Le travail de ces “géomètres”, comme ils se nommaient, correspond à une nouvelle manière de pratiquer les mathématiques et les sciences “mixtes” ou “physico-mathématiques”, centrée autour de l'analyse, qu'Euler et Clairaut ont également développée, sous des formes légèrement différentes, eux-mêmes étant aussi tributaires d'un “héritage” voisin de celui que nous venons de mentionner. L'œuvre de Clairaut, notamment son ouvrage sur la figure de la Terre (*Traité de la*

²⁷ Grimberg [1995, 1998].

²⁸ Cf., en part., Hankins [1970], Grimberg et Paty [à paraître].

²⁹ Viard [à paraître], Viard et Youssouf [1997].

³⁰ Grimberg [1998].

³¹ Chapront [2000].

*forme de la Terre*³²), est révélatrice, pour John Greenberg qui l'analyse ainsi que les travaux qui l'ont préparé depuis Newton, dans son livre qui fait autorité, *Le problème de la Terre, de Newton à Clairaut*³³, comme pour Irène Passeron qui l'examine dans sa thèse, *Clairaut et la figure de la Terre au dix-huitième siècle*³⁴, de la “cristallisation d'un nouveau style autour d'une pratique physico-mathématique”³⁵, celle de l'analyse, qui marque la période.

L'analyse et ses développements constituent aussi bien la marque des travaux d'autres “géomètres” comme Bouguer et Maupertuis en Astronomie et en Mécanique, objets également d'études historiques³⁶, et de ceux d'un mathématicien pur comme Alexis Fontaine, dont les apports à l'analyse différentielle et intégrale ont été étudiés de manière détaillée par John Greenberg, qui en a montré toute l'importance, et a récemment éclairé leur influence décisive sur Clairaut³⁷. Gérard Grimberg a établi combien les recherches de d'Alembert sur l'analyse, où la notion de fonction joue un rôle important, ont également été préparées en partie par les travaux de Fontaine³⁸.

Le style de d'Alembert s'est constitué et affirmé tout au long de la première période de sa carrière - en gros, le premier tiers -, qui va de 1741 à 1756, de ses premières recherches sur le calcul intégral au dernier volume des *Recherches sur quelques points du système du monde* (ouvrages qui correspondent à la première série de volumes prévue des *Oeuvres complètes*). Cette première période de sa vie scientifique fut exceptionnellement riche et novatrice. L'originalité de ses contributions scientifiques est indéniable, tant en mathématiques qu'en physique et en astronomie, bien qu'elle ait été quelque peu occultée par les développements rapides et les remises en forme plus élégantes qui ont suivi, parfois presque immédiatement, et qui nous sont désormais familières, faites par ses contemporains, concurrents ou disciples immédiats (Euler, Lagrange, Laplace). C'est toute la difficulté de la tâche des historiens des sciences de la mettre pleinement en évidence en s'abstrayant des sédiments postérieurs qui l'ont souvent estompée.

GENESE DU PRINCIPE DE LA DYNAMIQUE (OU PRINCIPE DE D'ALEMBERT)

Le *Traité de dynamique* est - de même que les ouvrages qui le suivront, en mécanique des fluides et en astronomie -, tout entier ordonné à la mise en oeuvre, dans les problèmes mécaniques, du calcul différentiel. Le “style” de d'Alembert se forme à la jonction des méthodes de Newton et de Leibniz - et c'est, à vrai dire, d'une fusion qu'il s'agit, des concepts newtoniens et du symbolisme leibnizien. Le “théorème de la dynamique” lui-même - et avec lui, bien sûr, ses

³² Clairaut [1743].

³³ Greenberg [1995].

³⁴ Greenberg [1995].

³⁵ Passeron [1994]

³⁶ Passeron [1999, 2000 a et b].

³⁷ Greenberg [1981, 1982, 1995].

³⁸ Grimberg [1998].

applications - est imprégné par l'analyse, les concepts et principes de la mécanique étant désormais indissociables de leur formulation à l'aide du calcul différentiel et intégral : il existe un lien direct entre la conceptualisation différentielle des grandeurs décrivant le mouvement et l'énoncé des principes de la mécanique ³⁹.

Mais on peut en dire davantage, quant à la genèse du "principe de d'Alembert" ou "théorème de la dynamique" - un théorème qui, découlant des trois "principes du mouvement des corps", peut être vu lui-même comme une synthèse de ces principes, un "principe général de la dynamique" qui vaut pour les assemblages ou systèmes quelconques de corps (libres ou liés). Formulé d'abord pour les solides, l'on considèrerait généralement qu'il avait été inspiré à d'Alembert par la considération du pendule composé. Or, de nouveaux aperçus sur la *genèse du principe de d'Alembert* ont été rendus possibles par l'examen des premiers mémoires d'hydrodynamique soumis par le jeune «géomètre» à l'Académie des sciences en 1741 et 1742, et qui précèdent donc son *Traité de dynamique*, publié en 1743, et lu à l'Académie en 1742-1743. Ces communications n'ont pas été publiées, mais leurs transcriptions par le secrétaire sont restées dans les *Registres* de l'Académie.

Analysant ces mémoires, qui portent sur le problème dit de la "réfraction des corps solides dans les fluides", j'ai trouvé, avec Gérard Grimberg, qu'ils pourraient bien être à l'origine du «principe de la dynamique», une origine jusqu'ici non soupçonnée. Abandonnant le traitement traditionnel de l'enfoncement d'un solide dans un fluide résistant, qui était proposé en analogie avec la réfraction de la lumière, d'Alembert aborda le problème par le moyen de l'analyse différentielle appliquée aux éléments de fluide : il y met en oeuvre l'idée d'une destruction et d'une compensation des mouvements, celle-là même qui sous-tend par la suite l'énoncé de son «principe général de la dynamique». Il reprit ultérieurement ces trois mémoires presque à l'identique dans la dernière partie de son *Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides*, de 1744, la plus difficile, qui traite de la résistance des fluides (d'une manière encore préliminaire, en attendant son grand traité de 1749-1752, où il l'abordera par l'analyse seule, étendue aux différentielles partielles). Il y présente sa solution, reprise des trois mémoires, comme une conséquence de son principe de la dynamique, alors qu'elle lui est, en réalité, *conceptuellement* antérieure. Cela confirme l'hypothèse, étayée par l'examen précis des textes, que ces premiers problèmes sont à l'origine de la formulation du principe de dynamique, d'Alembert les ayant ensuite rapprochés d'un cas semblable pour les corps solides, à savoir la destruction des mouvements virtuels dans le pendule composé⁴⁰.

³⁹ Cette question fait l'objet de l'étude suivante : Paty [à paraître, b]. Le Groupe d'Alembert annonce la tenue d'un Colloque en 2001 sur le principes de d'Alembert et les principes de la dynamique, préparé, à partir de la rentrée 2000, par un séminaire. Voir, pour d'autres recherches sur des principes, Comte [1998], mettant en perspective les travaux de d'Alembert et de Foncenex (1761) et la relativité du mouvement, Le Ru [1996], sur le principe de simplicité et le mécanisme, ainsi que Paty [1996], Vilain [1996].

⁴⁰ L'analyse historique et épistémologique qui a conduit à ce résultat est en cours de publication : Grimberg et Paty [à paraître]. Elle a fait, en attendant, l'objet d'exposés ou de résumés : Michel Paty, "Le principe du *Traité de dynamique* et les premiers travaux d'hydrodynamique de d'Alembert", Exposé au *Groupe de travail D'Alembert*, Centre International de Rencontres Mathématiques, Université de Marseille-Luminy, 23-27 février 1998 ; "L'origine hydrodynamique

Ce résultat a pour conséquence, quant à l'organisation de l'édition des *Oeuvres* de d'Alembert, que ces mémoires devront figurer dans le volume du *Traité de dynamique*, avant celui-ci, bien que d'Alembert les ait repris pratiquement inchangés dans le *Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides*...

D'Alembert a abordé les problèmes de dynamique les plus divers grâce à l'utilisation de son principe de la dynamique et de l'analyse différentielle et intégrale. Le *Traité de dynamique* (paru en 1743, re-édité avec d'importantes modifications en 1758) représente le point de départ de l'ensemble de ses recherches en dynamique (solides, fluides, astronomie), étant donné l'importance du "principe général de la dynamique" qu'il expose dans cet ouvrage, qu'il applique à de nombreux cas classiques⁴¹, et qui gouvernera tous ses travaux ultérieurs. Le *Traité de dynamique* et sa suite directe, le *Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides* (publié en 1744), qui constitueront pour l'essentiel les volumes 2 et 3 de la première série des *Oeuvres*, permettent de mettre directement en évidence le lien des principes et du calcul. On peut, en particulier, reconnaître dans le second ouvrage le lien étroit qui existe entre l'application du calcul différentiel et l'élaboration des concepts d'une mécanique des fluides rattachée désormais à la dynamique des corps solides et par là devenue, elle aussi, objet de l'analyse.

RESISTANCE DES FLUIDES ET DERIVEES PARTIELLES : VERS LA PHYSIQUE DES MILIEUX CONTINUS

Quant à l'élargissement par d'Alembert du calcul au nouveau domaine des équations aux dérivées partielles, il a également partie liée à son abord de problèmes de physique, tant par les cordes vibrantes, que d'autres questions de dynamique. Le *Traité de dynamique* y fait déjà appel, sans la résolution⁴², à propos des oscillations d'une corde pesante suspendue par une extrémité, en termes de fonction de deux variables indépendantes, dépassant déjà ainsi par l'approche fonctionnelle les limitations des "équations modulaires", considérées auparavant par Euler à propos de familles de courbes décrites par un paramètre arbitraire⁴³.

Ce nouveau domaine du calcul différentiel et intégral trouve en fait son plein développement avec l'étude des milieux fluides. Telle est déjà la grande originalité de ses *Réflexions sur la cause générale des vents* : elles constituent le premier traité systématique d'utilisation des équations aux dérivées partielles, tout en étant un travail sur la mécanique des fluides, plus précisément sur les marées atmosphériques. La première version en latin de l'ouvrage, sous le titre *Meditationes de generali ventorum causa*, obtint le prix de l'Académie de Berlin de 1746⁴⁴; la deuxième version, enrichie, fut publiée en français en 1747, et d'Alembert prépara des additions manuscrites pour une seconde édition, restée

du principe de d'Alembert", *Séminaire d'Epistémologie et Histoire de la physique*, Equipe REHSEIS, CNRS et Université Paris 7, Paris, 10 novembre 1998.

⁴¹ Applications qui font l'objet d'études d'historiens des sciences, en vue de l'édition : Viard et Youssouf [1997], Viard [à paraître], Vilain [à paraître, a et b].

⁴² D'Alembert [1743], article 133 dans l'édition de 1758.

⁴³ Engelsman [1984 a et b], Demidov [1989].

⁴⁴ Taton [1984], Kleinert [1989].

inédite.

Bien qu'il ait été loué pour son intérêt mathématique, cet ouvrage a été critiqué en ce qui concerne sa pertinence du point de vue physique, les vents ayant une autre origine que l'attraction du Soleil et de la Lune. Toutefois ces critiques ont généralement sous-estimé plusieurs aspects totalement novateurs du travail de d'Alembert, comme son calcul de l'effet de la rotation de la Terre - plus tard dénommé force de Coriolis -, sur les mouvements des fluides à la surface terrestre, et dont Laplace reprendra les équations après lui dans sa propre théorie des marées, se rendant d'ailleurs compte qu'il s'agit là de la cause véritable des vents alizés (ce que d'Alembert avait méconnu, tout en préparant l'outil théorique)⁴⁵.

Le calcul aux dérivées partielles est très vite utilisé en «hydrostatique et en hydraulique», c'est-à-dire en mécanique des fluides. *L'Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides* de d'Alembert, paru en 1752⁴⁶, et les mémoires d'Euler sur le même sujet qui le suivent, aboutissent à la mise en forme analytique de tous les problèmes de l'hydrostatique et de l'hydrodynamique, désormais réunies et devenues ni plus ni moins que l'un des domaines d'une mécanique élargie.

Le volume (I,8) sur *L'Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides* comprendra le traité en latin de 1749, dont le manuscrit a pu être trouvé à l'Académie de Berlin, d'Alembert l'y ayant envoyé pour le concours, et le texte français de *L'Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides* publié en 1752, au contenu très sensiblement identique. *L'Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides* suit donc, en fait, de plus près qu'il n'y paraît aux dates de publication, l'ouvrage sur les vents de 1747 : d'Alembert en rédigea la première version en latin dès 1749, *Theoria resistenciae quam patitur corpus in fluido motum*⁴⁷, et l'adressa à l'Académie de Berlin, avant de le mettre en français et de le publier lui-même en 1752, sans avoir reçu le prix - qui ne fut pas attribué⁴⁸. Ce travail constitue, quant aux problèmes abordés, une suite du *Traité* sur les fluides de 1744, avec des modifications importantes du traitement théorique (abandon d'hypothèses particulières, utilisation du calcul aux dérivées partielles), qui le rattachent, au point de vue de la méthode, aux *Réflexions* sur les vents de 1747. L'ensemble de ces textes sur la mécanique des solides et des fluides présente donc une unité thématique, dans une suite chronologique directe, de sorte que les quatre volumes 2, 3, 5 et 8 des *Oeuvres*, tels qu'ils sont prévus, sont en continuité directe, et ne sont séparés que par la chronologie des travaux avec lesquels ils s'alternent, de mathématiques (vol. 4) et d'astronomie (vol. 6, 7, 9 et 10).

⁴⁵ Laplace [1799-1825].

⁴⁶ D'Alembert [1752]. Cet ouvrage est la transcription en français d'un travail rédigé en latin et soumis en décembre 1749 à l'Académie de Berlin pour le prix proposé sur la résistance des fluides.

⁴⁷ Le titre complet est : *Theoria resistenciae quam patitur corpus in fluido motum, ex principiis omnino novis et simplissimis deducta, habitâ ratione tum velocitatis, figurae et massae corporis moti, tum densitate et compressionis partium fluidi*. Le manuscrit, qui comporte 136 p. et 2 planches de 37 figures, daté du 25 novembre 1749, fut enregistré par l'Académie le 11 décembre suivant. Il se trouve à l'Académie de Berlin (Zentral Archiv der Akademie der Wissenschaft der DDR, Preisschriften zur Preissaufgabe "Theorie des Widerstandes, den feste Körper beim Durchgang durch Flüssigkeiten erfahren", K 8, n° 4, selon les indications des éditeurs de la correspondance d'Euler, R. Taton et A. Youskevitch). Voir Euler, L, *Opera omnia*, serie 4 A, *Correspondance, Briefwechsel*, vol. 5; cf. en part. p. 312 et suiv.

⁴⁸ Ce qui engendra une polémique de d'Alembert contre Euler. Cf. Taton [1984], p. 61.

On voit, tant par les premiers travaux originaux que par les développements qui les suivent, en clarifient la formulation et en systématisent les résultats, combien l'*extension du calcul différentiel* aux équations aux *dérivées partielles*, qui s'accompagne d'un élargissement de la mécanique des points matériels et des corps solides aux milieux continus et aux corps déformables, élastiques ou fluides, est *appelée par la problématisation physique*. Celle-ci est elle-même pensée en fonction de cet outil mathématique créé, pour ainsi dire, à son usage. L'invention mathématique est ici directement issue de la considération des phénomènes physiques ; elle nourrit en retour le traitement théorique de ces derniers qui s'établit sur cette base comme science. On peut bien parler à cet égard d'une double et réciproque constitution, de l'analyse aux différences partielles et de la théorie de l'hydrodynamique, et les recherches créatrices de d'Alembert le font magnifiquement voir⁴⁹.

Etudiant l'introduction par d'Alembert des concepts du calcul différentiel partiel dans la mécanique, Gérard Grimberg a examiné les deux ouvrages sur la résistance des fluides, le manuscrit rédigé en latin de 1749 et l'ouvrage publié en français en 1752. Tous les aspects novateurs de l'*Essai* concernant l'hydrodynamique figurent déjà dans le manuscrit de 1749, ce qui met en évidence l'originalité du travail physico-mathématique de d'Alembert, qui a posé les bases d'une théorie analytique des fluides tout en développant une théorie mathématique des équations aux dérivées partielles. En particulier, d'Alembert eut l'idée de considérer, dans l'écoulement permanent d'un fluide à la rencontre d'un solide de révolution immobile, les composantes de la vitesse du fluide comme des *fonctions des variables d'espace*, et la différentielle de la vitesse comme un *système de formes différentielles*⁵⁰.

UN INEDIT SUR LA THEORIE DE LA LUNE ET LA PRECESSION DES EQUINOXES

Quant aux premiers travaux décisifs de d'Alembert en astronomie, domaine dans lequel il fut l'un des premiers, avec Euler et Clairaut, à utiliser l'analyse mathématique pour la détermination des mouvements des corps célestes appartenant au système solaire (c'est-à-dire des planètes et de leurs satellites et des comètes), dans l'hypothèse de la gravitation universelle de Newton, ils n'occuperont pas moins de quatre volumes de la première série (I, 6, 7, 9 et 10) des *Oeuvres complètes*. Il s'agit, outre de nombreux manuscrits et articles, des *Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation de l'axe de la Terre dans le système newtonien*, parues en un volume en 1749, et des *Recherches sur différents points importants du système du monde*, dont la publication en trois volumes s'étage de 1754 à 1756. Un certain nombre d'éléments nouveaux, fort intéressants pour l'histoire de l'astronomie, ressortent déjà des études qui leur ont été consacrées dans la perspective de l'édition⁵¹.

⁴⁹ Paty [1994].

⁵⁰ Grimberg [1998].

⁵¹ Les premières études en vue de l'édition des *Oeuvres Complètes* de d'Alembert, dues à Michelle Chapront, François Mignard et Bruno Morando, ont été exposées à la *Journée d'Alembert*, réalisée

On sait que c'est à d'Alembert, Euler et Clairaut que l'on doit les premières approches précises du problème des trois corps par des méthodes perturbatives. La voie propre de d'Alembert dans cette direction comporte de nombreuses innovations d'une grande originalité, tant en mathématiques qu'en physique mathématique, qui seront plus tard reprises ou retrouvées par d'autres (notamment Laplace et Fourier), selon des méthodes différentes⁵². Par exemple, ayant établi l'équation différentielle de la trajectoire d'un mobile - en coordonnées polaires - d'Alembert l'étudie en décomposant la force en série. Utilisant les nombres complexes, il la réduit à une équation différentielle linéaire du deuxième ordre à coefficients constants et faisant intervenir une série trigonométrique donnée ; il obtient la solution de l'équation de plusieurs manières, dont l'une correspond à une relation de récurrence entre les coefficients de la série trigonométrique, et une autre fait intervenir des intégrales elliptiques. C'est à lui que l'on doit, semble-t-il, la première élimination des "arcs de cercle" ou "termes séculaires", attribuée ultérieurement à Lindstedt⁵³.

D'Alembert a appliqué ses méthodes en particulier à la précession des équinoxes et au mouvement de la Lune. Ses résultats sur la précession des équinoxes sont en grande partie demeurés valides, le principe de ses calculs restant exact aujourd'hui encore. Reprenant le problème tel que Newton l'avait posé, il montra les faiblesses de la solution de ce dernier, qui bénéficiait de compensations d'erreurs, et reposait sur un modèle peu rigoureux du renflement de la Terre à l'équateur (en termes d'un anneau de petites lunes), d'ailleurs tributaire d'une valeur inexacte de ce renflement, dont les expéditions géodésiques en Laponie et au Pérou avaient fourni depuis une mesure plus juste. La théorie de Newton reposait aussi sur une estimation du rapport de l'action de la Lune à celle du Soleil basée sur des observations de marées, trop aléatoires. D'Alembert aborda le problème de manière analytique, calculant le moment des forces exercées par le Soleil et par la Lune sur la Terre, et utilisant les résultats du *Traité de dynamique*. Il réussit à exprimer ainsi les termes principaux du mouvement de l'axe de rotation de la Terre, qui sont la précession régulière, connue depuis Hipparque, et la nutation observée par Bradley, et en déduisit plusieurs propriétés de la Lune (sa masse, 1/80 è de celle de la Terre) et de la Terre (sur la distribution de sa matière).⁵⁴

Quant au mouvement de la Lune, d'Alembert en a donné la première théorie complète dans le premier volume, de 1754, de ses *Recherches sur différents points importants du système du monde*⁵⁵. Une étape importante y est l'élimination des arcs de cercle (termes croissant avec le temps, provenant du développement en série du cosinus d'un angle proportionnel à la longitude de la Lune) : sans cette

au Bureau des Longitudes, à Paris, le 26 mars 1992. Bruno Morando nous a quittés peu après, sans laisser de texte rédigé. Ces études ont largement progressé depuis lors, grâce notamment à Michèle Chapront, François Mignard, Irène Passeron et Jean Souchay.

⁵² Et les apports de d'Alembert seront en général oubliés.

⁵³ Voir l'étude de Bruno Morando : cette mention est faite d'après mes propres notes (M.P.) prises lors de son exposé à l'une des premières journées de travail du groupe d'Alembert. Ces termes séculaires, bien connus en astronomie, croissant indéfiniment en fonction du temps, conduisaient à des quantités infinies dans les calculs. Leur élimination peut être vue comme une sorte d'ancêtre des procédures de renormalisation en théorie des perturbations appliquée aux champs.

⁵⁴ Voir Souchay [2000].

⁵⁵ D'Alembert [1754-1756], vol. 1.

émilination la solution se dégraderait au bout de quelques années. D'Alembert étudie de manière précise le comportement des termes des différents ordres du calcul, et exprime sa solution en fonction de quatre arguments qui sont identiques à ceux introduits un siècle plus tard par Charles Delaunay (les «termes séculaires»). Sa solution est exprimée en termes de certains paramètres significatifs (les coefficients en sont des polynômes de ces paramètres, possédant des propriétés dont il fournit l'expression⁵⁶). Son approche est plus générale que celles d'Euler et Clairaut, qui traitent pour leur part ces paramètres de manière numérique, sans s'attacher à leurs relations.

Mais avant ce traitement publié dans les *Recherches sur différents points importants du système du monde* de 1754, d'Alembert avait déjà abordé le problème du mouvement de la Lune dans un travail bien antérieur, resté ignoré, qui était demeuré inédit, "Théorie de la Lune". Ce manuscrit a été découvert par Anne-Marie Chouillet il y a peu de temps, dans un grand désordre des feuillets dont Michelle Chapront a pu venir à bout, et qu'elle a préparé pour l'édition critique avec Irène Passeron⁵⁷. Le volume (I, 6) dont cette "Théorie de la Lune" inédite constituera l'essentiel sera le premier de l'ensemble des *Oeuvres* à paraître (en 2001). Si le manuscrit était inconnu, les circonstances de ce travail ne l'étaient pas, et la correspondance de d'Alembert de ces années 1747-1749 l'atteste (en particulier ses lettres au mathématicien genevois Cramer⁵⁸). Le moment était crucial pour Euler, Clairaut et d'Alembert, qui travaillaient en parallèle sur le problème de la perturbation par un troisième corps dans le mouvement de l'apogée de la Lune, en utilisant l'analyse différentielle et intégrale, et se crurent sur le point d'invalider la loi newtonienne d'attraction universelle⁵⁹. L'analyse conjointe de ce travail de d'Alembert, de sa correspondance, et des recherches parallèles d'Euler et de Clairaut montre toute l'importance théorique et pratique de ce problème et fait voir l'originalité des méthodes de résolution mises en œuvre par d'Alembert.

Ces éléments préliminaires sur les travaux scientifiques appartenant à la Première série laissent voir combien la publication des *Oeuvres complètes* de d'Alembert est susceptible d'approfondir et même de renouveler notre connaissance de cet auteur, l'un des plus considérables de son temps, et cependant trop négligé.

FAUT-IL «DESOSSE» LES *OPUSCULES MATHÉMATIQUES* ?

Ces travaux furent suivis de nombreux autres, dont la richesse exceptionnelle des premiers ne diminue pas l'importance. Concernant les sciences pures, les travaux ultérieurs de d'Alembert correspondent surtout aux recherches qu'il a confiés aux neuf volumes de ses *Opuscules mathématiques*, dont le

⁵⁶ Propriété dénommée "de d'Alembert", par Brown à la fin du 19^e siècle (cf. l'exposé de M. Chaperon).

⁵⁷ Voir Chapront [2000].

⁵⁸ Voir d'Alembert [1885].

⁵⁹ La détermination exacte de ce mouvement était importante pour l'établissement de tables de la Lune, et la détermination de la longitude en mer. Cf. Paty [1977] chap. 5, p. 280-293 ; Passeron [2000a].

neuvième volume, resté inédit, se trouve à l'Académie des sciences de Paris sous forme manuscrite, préparée pour la publication par d'Alembert lui-même avant sa mort. Ces travaux complètent et prolongent les oeuvres précédentes, voire abordent des problèmes ou des champs nouveaux.

D'Alembert y traite de nombreuses questions de mécanique, d'hydrodynamique, d'astronomie, d'optique, utilisant toutes les ressources de l'analyse, continuant de paver la voie de la mathématisation de la physique. Il y formule et démontre de nombreux résultats de mathématiques: des théorèmes sur les séries, ou de l'introduction des fonctions arbitraires dans la résolution des équations différentielles qui fit faire de grands progrès à la théorie des fonctions, à son approche particulière de la notion de limite qui aida à clarifier les fondements de l'analyse.

Ceci sans oublier ses considérations critiques sur la théorie mathématique des probabilités et ses applications~: l'ensemble des textes de d'Alembert sur ce dernier thème suffirait à remplir un volume entier des *Oeuvres*. L'examen de ces contributions révèle d'ailleurs que la position de d'Alembert sur ce sujet est beaucoup plus complexe, et en définitive importante, que les interprétations hâtives d'adeptes d'une conception achevée et triomphante de la science ne l'ont pendant longtemps considéré. C'est qu'il s'agissait d'un domaine encore très neuf, aux principes incertains, et aux applications souvent problématiques. Il est en tout cas significatif que ce soient justement deux disciples de d'Alembert, Laplace et Condorcet, qui aient fait connaître aux probabilités des avancées considérables, dans le champ mathématique pour le premier, dans celui des applications aux phénomènes de société pour le second⁶⁰.

Du point de vue éditorial, on peut se demander si l'on doit publier ces contributions, réparties en articles eux-mêmes divisés en sections et sous-sections, dans l'ordre que d'Alembert leur a donné en les rassemblant de manière assez disparate et hétérogène, mêlant dans un même article des questions totalement différentes, ou s'il ne vaudrait pas mieux donner à leur arrangement une meilleure cohérence, quitte, bien entendu, à mentionner dans l'appareil critique leur place dans les livres originaux. En effet, l'ordre que leur a donné d'Alembert ne fut souvent que le résultat de sa hâte à publier ces contributions. Suivre ces dernières dans des séquences plus homogènes en faciliterait la saisie d'ensemble. Les probabilités, en particulier, suggèreraient que l'on en fasse ainsi, et qu'on leur consacre un volume (qui appartiendrait, comme on s'en convaincrait aisément à le consulter ainsi, à l'histoire de cette science d'une manière qui ne serait aucunement marginale, sinon tout juste un peu hérétique...).

Les travaux de d'Alembert en mathématiques peuvent être resitués dans leur contexte grâce à l'étude des travaux d'autres auteurs contemporains de d'Alembert comme Clairaut et Fontaine, déjà mentionnés, mais aussi, pour la période ultérieure, parmi d'autres, Joseph Louis Lagrange, Jean-Henri Lambert ou Nicolas Caritat de Condorcet...⁶¹.

⁶⁰ Sur d'Alembert et les probabilités, voir les études suivantes : Daston [19??], Bru [1989], Paty [1987, 1988].

⁶¹ Voir, sur le premier, Gallotti [1991], et sur les deux derniers (Gilain [à paraître, a et b]).

L'ÉPISTEMOLOGIE AVANT LA LETTRE
ET LA PENSÉE PHILOSOPHIQUE DE D'ALEMBERT

Les années qui ont suivi cette «période d'or» ont vu l'élargissement des horizons intellectuels de d'Alembert, et son engagement philosophique. L'intérêt et la portée de ses contributions littéraires et surtout philosophiques, menées en parallèle à son travail scientifique ultérieur, n'est pas moins considérable à de nombreux égards.

L'implication de d'Alembert dans le projet de l'*Encyclopédie* marque indéniablement un tournant dans sa carrière et dans son œuvre, ouvrant plus largement son champ d'activité et disséminant sa production dans des domaines qui débordent très largement les sciences pures. Le *Discours préliminaire* de l'*Encyclopédie*, paru en 1751 avec le premier volume de l'ouvrage collectif, constitue sa première grande œuvre philosophique, et inaugure aussi son engagement public dans une entreprise qui allait bien au-delà de l'activité éditoriale, et se proposait comme un véritable mouvement d'idées. D'Alembert devait s'y trouver entraîné - et Voltaire le sacrer “chef du parti philosophique” -, et son *Discours préliminaire* fut considéré comme le “Manifeste de la philosophie des Lumières”⁶². Il est intéressant, à cet égard, de remarquer la grande parenté qui lie, à quarante deux ans de distance, le *Discours préliminaire de l'Encyclopédie* de d'Alembert et l'*Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain* de Condorcet, qui fut son disciple préféré (et exécuteur testamentaire)⁶³. Le propos de fond est assez identique, et les différences, notables notamment quant à la conception de l'histoire, sont caractéristiques des changements survenus dans les idées et dans la société au cours de la seconde moitié du XVIII^e siècle.

Les contributions de d'Alembert à l'*Encyclopédie* constituent à elles seules une série de volumes prévus des *Oeuvres*. Ces nombreux articles (plus de 500, souvent d'une bonne longueur) publiés dans l'*Encyclopédie*, concernent surtout les sciences exactes, des éléments de présentation historique de ces sciences et de critique (épistémologique avant la lettre) de leurs concepts ; mais certains d'entre eux, et non les moins importants, portent également sur des sujets plus généraux de philosophie, d'éducation, de société, qui sont d'importance historique par rapport aux débats de l'époque : tels les articles “Eléments des sciences”, “Collège”, ou “Genève”, pour ne citer que ceux-là. Ces articles sont pour la plupart des essais d'explication, pour un public large mais cultivé, des connaissances en mathématiques, en physique et en astronomie, et des principaux résultats théoriques aussi bien qu'expérimentaux et observationnels, en même temps qu'une présentation et discussion critique des concepts et des théories scientifiques, incluant une part d'exposé historique. La «vulgarisation» s'y fait «épistémologique» avec pour propos explicite de “donner à comprendre”, de rendre intelligibles les connaissances décrites. Les articles sur l'*attraction*, l'*application* de l'algèbre à la géométrie, l'*arithmétique universelle*, le *cas irréductible*, la *cause*, le calcul *différentiel*, la *dynamique*, l'*expérimental*, la *Figure de la Terre*, la *force*, la

⁶² Selon l'expression de R.N. Schwab (Schwab [1961]).

⁶³ Sur l'*Esquisse* (Condorcet [1793]), dont une nouvelle édition critique est en préparation, voir Crépel [1996a]. Pour des éléments de comparaison entre le *Discours préliminaire* de d'Alembert et l'*Esquisse* de Condorcet, voir Paty [1990].

gravitation, l'infini et la limite, les mathématiques, la matière, la mécanique, la méthode, le mouvement, la nature, le newtonianisme, la science physico-mathématique, la physique, l'idée de système, la Terre, les tourbillons, pour s'en tenir à quelques uns parmi les plus importants, sont autant d'analyses épistémologiques avant la lettre qui appartiennent de plein droit à la philosophie des sciences.

L'œuvre philosophique proprement dite, rassemblée du vivant de d'Alembert au sein des cinq volumes de ses *Mélanges*, commença avec le *Discours préliminaire* de l'*Encyclopédie*⁶⁴ et se poursuivit avec de nombreux textes de réflexion sur les sciences, articles de l'*Encyclopédie*, contributions aux publications de l'époque comme le *Journal des Savants*, longues préfaces méthodologiques à ses ouvrages scientifiques. D'Alembert a proposé une sorte de synthèse de ces réflexions et de ces analyses dans son *Essai sur les éléments de philosophie*, publié en 1758, et complété par les *Eclaircissements* à cet *Essai*, paru en 1765. L'article "Eléments des sciences", paru dans le tome 5 (1755) de l'*Encyclopédie*, constitue une sorte d'intermédiaire entre le *Discours préliminaire* et l'*Essai sur les éléments*, et devrait être considéré comme un texte classique de la philosophie de la connaissance au temps des Lumières, accompagnant sur ce plan l'état le plus récent des sciences physico-mathématiques, dont l'auteur était aux avant-postes.

La postérité de ces réflexions pour le développement ultérieur de la philosophie de la connaissance et l'épistémologie des sciences particulières a certainement été très grande, accompagnant l'ensemble des idées diffusées par l'*Encyclopédie*, d'abord par le nombre et la qualité de ses lecteurs (étendus à trois continents)⁶⁵, et par leur influence, décelable chez nombre d'auteurs du XVIII^e et du XIX^e siècles, mais sa pleine mesure n'a pas encore été prise. L'édition des *Oeuvres complètes* aurait peut-être intérêt à valoriser sous ce rapport les textes philosophiques les plus significatifs de d'Alembert en les mettant ensemble dans une série ou sous-série propre de volumes. Ces volumes pourraient d'ailleurs reprendre les grands articles de l'*Encyclopédie* à portée philosophique, comme "Eléments des sciences", déjà mentionné, ou ses articles d'"épistémologie des concepts scientifiques" les plus importants⁶⁶, mais aussi ceux de portée générale sur la connaissance ou l'éducation, tels que "Collège", "Dictionnaire", "Genève", voire certaines de ses préfaces à des volumes, au plus fort de la lutte pour maintenir le projet contre les assauts des forces contraires.

D'Alembert était depuis longtemps une référence incontournable des études sur la philosophie des lumières. Il suffit d'évoquer la place fondamentale qu'il occupe dans les analyses inspiratrices qu'ont consacré aux idées de cette période un Ernst Cassirer dans sa *Philosophie des Lumières*⁶⁷ ou un Georges Gusdorf dans les volumes sur le XVIII^e siècle de sa somme en plusieurs tomes intitulée *Les sciences humaines et la pensée occidentale*, en particulier celui sur *Les*

⁶⁴ D'Alembert [1751].

⁶⁵ L'*Encyclopédie* rayonna surtout en Europe, mais elle fut influente également aux Amériques, du Nord et du Sud, et parvint jusqu'en Inde.

⁶⁶ Il est vrai que l'on entrerait ainsi dans des complications, puisque des parties de certains de ces articles ont été reprises dans les *Eléments de philosophie*. A tout le moins l'appareil critique demandera une mise en rapport des textes philosophiques et de ces articles. Il serait en tout cas dommage que les plus substantiels de ces derniers fussent être cantonnés à une édition électronique.

⁶⁷ Cassirer [1932].

*principes de la pensée au siècle des Lumières*⁶⁸. Si d'Alembert est important en philosophie par les grandes lignes de sa pensée telles que, notamment, l'affirmation de la rationalité, celle de l'idée d'unité, la place des mathématiques dans la connaissance de la nature, la formation des idées simples par abstraction à partir de l'expérience du monde sensible, il l'est aussi par d'autres aspects qui peuvent être vus, dans ce domaine aussi, comme profondément novateurs.

Il n'est pas excessif de dire que c'est avec lui que l'on voit apparaître l'analyse critique et historique des concepts des sciences physiques et mathématiques sans inféodation à une philosophie et à une métaphysique qu'il s'agirait de vérifier ou d'illustrer, c'est-à-dire l'épistémologie des sciences particulières dans son sens le plus moderne⁶⁹. Sa philosophie de la connaissance présente cette originalité d'être un rationalisme - hérité de Descartes -, mais qui fait toute leur place aux sensations comme origine de nos connaissances, dans la lignée de Locke et de Condillac : une conception génétique de l'organisation des sciences en résulte, qui fonde les rapports entre les divers domaines de la connaissance, et rend compte, en particulier, du lien privilégié qui existe entre les mathématiques et la physique - du moins, les parties rationalisées de celle-ci que sont la mécanique, l'astronomie, l'acoustique, l'optique géométrique et autres «sciences physico-mathématiques»⁷⁰. La philosophie de la connaissance (et même l'épistémologie au sens de l'étude critique particulière des sciences) se substitue à la métaphysique, sous le même vocable (comme d'ailleurs chez Kant), ce qui n'est pas exclusif d'une pensée plus générale sur la nature et sur le sens, qui, chez d'Alembert se rapproche du matérialisme, tout en restant toujours teintée de scepticisme⁷¹.

Mais la question centrale des rapports de la science et de la philosophie du point de vue rationnel est celle de l'intelligibilité, dans la philosophie de d'Alembert comme dans celle de Descartes. Il n'est pas inutile de rappeler que l'expression la plus claire en est donnée dans les *Règles pour la direction de l'esprit* de ce dernier, qui expriment le mouvement de sa pensée profonde sur les mathématiques et sur la question de la certitude de la connaissance en relation à la subjectivité : la "mathesis universalis" y résume, pour ainsi dire, sa philosophie de la connaissance dans ce qu'elle a d'essentiel⁷². Cette conception est reprise au siècle des Lumières malgré les transformations profondes des sciences et de la philosophie. On peut, à cet égard, examiner le rapport entre le mode de travail théorique en ce qui concerne les sciences physico-mathématiques, où le lien entre les concepts physiques et leur expression mathématique se fait de plus en plus étroit et devient rapport de constitution (la mathématisation des grandeurs et de leurs relations par l'analyse différentielle), et la réflexion critique qui l'accompagne. Cette dernière s'efforce d'établir les conditions rationnelles d'une formulation mathématique des grandeurs physiques et des lois de la nature, et met en valeur la préséance des principes physiques. Cette analyse critique des concepts, liée à une "métaphysique" renouvelée des connaissances, a indéniablement contribué à instaurer une transformation profonde de la pensée du rapport des sciences à la

⁶⁸ Gusdorf [1971].

⁶⁹ Paty [1984a, 1987a, 1998a et b].

⁷⁰ Paty [1977, 1984a et b, 1994, 1998a et b].

⁷¹ Paty [1981].

⁷² Paty 1997].

philosophie, en déterminant entre les deux l'espace d'une "épistémologie" avant la lettre, relativement autonome⁷³.

D'autres études ont mis en valeur, chez d'Alembert et chez d'autres savants de l'époque, les principes «métaphysiques», au sens de la théorie de la connaissance, voire de l'interrogation sur les premiers principes de la connaissance, qui sous-tendent l'utilisation de l'analyse mathématique⁷⁴ ou qui, en physique, justifient le recours, au moins opératoire, à un "principe de simplicité"⁷⁵ qui détermine les méthodes et les objets de recherche en fondant l'unité des lois de la nature, même si ces savants peuvent avoir des conceptions divergentes sur le mécanisme et le finalisme (selon l'opposition entre la recherche des causes efficaces et l'invocation des causes finales)⁷⁶.

ŒUVRE «LITTÉRAIRE», CORRESPONDANCE, MILIEUX, ACADEMIES ET CONTEMPORAINS...

L'œuvre «littéraire» de d'Alembert touche également à d'autres domaines, de la théorie de la musique (on connaît son essai sur la théorie de Rameau)⁷⁷ à la philologie et à la prosodie latine (par ses traductions de Tacite), voire à la lutte idéologique, avec la *Destruction des Jésuites en France*, le volet le plus important en volume étant celui des *Eloges académiques*. Nous n'en dirons pas plus pour l'heure, attendant la réalisation de la publication des séries de volumes qui leur correspondent

A tout cela s'ajoute la correspondance, dont une petite partie seulement a déjà été publiée, de manière éparse et très disséminée (dans les *Oeuvres* de Voltaire, de Lagrange, de Laplace et, pour celles avec ses royaux correspondants, Frédéric de Prusse et Catherine de Russie, dans les anciennes éditions des *Oeuvres littéraires* de notre auteur⁷⁸, à quoi s'ajoutent diverses publications épisodiques d'inédits, comme celles par Charles Henry à la fin du XIX^e siècle⁷⁹). Le premier volume publié de la cinquième série des *Œuvres* (V, 1) sera l'*Inventaire de la correspondance de D'Alembert*, réalisé à partir d'une base de données établie par A. M. Chouillet et I. Passeron au long de cinq années de travail préalable⁸⁰. Les autres volumes de la série porteront les 2200 lettres environ, dont le travail de datation constitue un chantier permanent, aux conclusions pouvant être radicalement remises en question. Le premier volume de lettres proprement dites (V, 2), très sollicité par les responsables des autres parties de l'œuvre (et d'autres historiens), suivra immédiatement cet inventaire, avec un ensemble d'environ deux cents lettres. L'un

⁷³ Paty [1998a et b].

⁷⁴ Michel [2001], Schwartz [2001].

⁷⁵ Cf. Paty [1977].

⁷⁶ Le Ru [1996a et b, 2000, 2001]

⁷⁷ Voir Bailhache [2001].

⁷⁸ D'Alembert [1805, 1821].

⁷⁹ D'Alembert [1885].

⁸⁰ Chouillet et Passeron [2000]. Un inventaire succinct de la correspondance fait précédemment par John Pappas, a servi de point de départ à A. M. Chouillet et I. Passeron, qui ont dû parfois en reconsidérer totalement certaines datations.

des intérêts de l'étude des correspondances est de fournir un outil historique très utile pour connaître les «réseaux» de relations qui animent les différents milieux d'une époque donnée, et déterminés par des affinités intellectuelles et des positions sociales⁸¹.

D'une manière générale, la reconstitution du travail de d'Alembert dans son contexte, et de ses circonstances, permet en même temps d'éclairer le mode de fonctionnement de l'Académie Royale des Sciences, où le petit groupe des «géomètres» et celui des «astronomes» (suivant les répartitions en vigueur à l'Académie, qui compte aussi la classe des «mécaniciens»)⁸² orientent une partie des discussions de l'époque relatives à la «philosophie naturelle». La question du statut des mathématiques au siècle des Lumières, et du travail en mathématiques pures, vers lequel des recherches théoriques s'orientent dès cette époque, mais aussi des rapports entre mathématiques et physique, des mathématiques «mixtes» qui se transforment alors en «sciences physico-mathématiques» sous le signe de l'analyse (voir, par exemple, l'article «Mathématiques» de d'Alembert dans l'*Encyclopédie*), qui renvoient aux études évoquées précédemment, n'est pas restreinte à la sphère de la pensée mais renvoie à des aspects institutionnels en rapport avec l'organisation de l'Académie Royale des sciences de Paris. Ces approches multiples contribuent à enrichir notablement notre connaissance de l'histoire des mathématiques au XVIII^e siècle et devrait permettre d'en mieux saisir les particularités et, partant, d'éclairer d'un nouveau jour la nature exacte des changements qui se produisent dans ce domaine au début du XIX^e siècle.

La question de l'invention technique est également liée à ces débats, et si d'Alembert n'y a été intéressé que de loin (notamment par l'étude publiée avec Bossut et Condorcet sur des expériences de résistance des fluides⁸³), il reste que les «experts» qui en jugeaient à l'Académie, c'est-à-dire les commissaires, considéraient les mathématiques (la science des «Géomètres»), comme la science fondamentale de référence.

Mentionnons encore d'autres interrogations sur les sciences au siècle des Lumières, par rapport auxquelles la pensée de d'Alembert fournit des indications privilégiées, mais qui, se rapportant à l'époque dans son ensemble, permettent de situer les sciences dont il s'occupa par rapport aux autres. La question des «débats sur la hiérarchie des sciences et leur enjeu dans la pensée et l'action des Lumières» a été l'objet de contributions au *X^e Congrès international des Lumières*

⁸¹ Mentionnons ici les recherches de Jeanne Peiffer sur le statut des échanges épistolaires et de son évolution de la fin du 17^e siècle au 18^e siècle, celles d'Yves Gingras sur le «réseau cartésien», les études de Christian Gilain sur la correspondance entre Condorcet et Euler dans les années 1775-76 et sur le groupe de savants entourant Euler à Saint-Petersbourg (Gilain [1996, à paraître, a]), et celles, actuellement en cours, d'Irène Passeron sur l'évaluation des tables de la Lune en confrontant les cercles respectifs de d'Alembert, Clairaut et Euler (Passeron [1999, 2000a et b]).

⁸² Voir, en part., Gilain [à paraître, c]. Voir aussi les recherches d'Olivier Courcelle et Irène Passeron sur la «Société des Arts» (à laquelle appartient Clairaut), concurrente de l'Académie des Sciences dans les années 1730, prônant l'application des sciences théoriques aux «arts» (de la fabrication d'instruments de mathématiques à la céramique en passant par le pilotage et la peinture), et leur enrichissement réciproque, facilité par la réunion de ces compétences dans un même lieu (Passeron [1994], Courcelle et Passeron [2000]). Sur les recherches historiques aux archives de l'Académie des sciences, voir, en part., Crépel [1996b, c, d].

⁸³ D'Alembert, Bossut et Condorcet [1777]. Voir aussi, dans le présent volume, l'étude de Jean-Pierre Sérís (Sérís [2001]).

(Dublin, juillet 1999)⁸⁴, portant sur les sciences mathématiques, les sciences de la nature et les sciences sociales. Les hiérarchies en question se manifestent de diverses façons, lorsqu'une science tient un rôle de référence quant à ses méthodes, sa forme, ses concepts, son langage, son type de rigueur, ses pratiques, ses résultats, suscitant transferts et utilisations de certains de ces éléments vers une autre discipline. Ces hiérarchies peuvent être éventuellement accompagnées ou suscitées par les institutions, considérant, par exemple, la place des différentes sciences dans la vie des académies ou dans l'enseignement.

Les recherches sur les milieux scientifiques au XVIII^e siècle ont permis de faire revivre plusieurs personnages, hommes (et femmes, mais il est vrai qu'elles sont alors l'exception) de science, souvent académiciens, moins connus que les premiers, mais qui ont contribué à constituer le tissu scientifique de la société de l'époque. Certains sont «intermédiaires» en quelque sorte entre les grands savants comme Euler, Clairaut, d'Alembert ou Lagrange, et les milieux d'ingénieurs, d'administrateurs et de techniciens, tels Bossut, Borda, Rochon, Marguerie ou Musschenbroek, dont des extraits d'écrits ont souvent été repris dans l'*Encyclopédie* (notamment par d'Alembert lui-même). Leur rôle n'a pas seulement consisté à appliquer les théories des premiers à des problèmes techniques, ou à en rectifier des erreurs : on leur doit une véritable pensée expérimentale et technique, mieux adaptée à des applications de connaissances théoriques et à la conception d'expériences systématiques, quantitatives et précises. Tel le chevalier de Borda, officier et savant⁸⁵. J'aimerais y ajouter les grands capitaines comme Bougainville ou La Pérouse, qui étaient aussi des savants, formés aux sciences exactes, à la géométrie et à l'astronomie (et dans le cas de Bougainville, par d'Alembert lui-même)⁸⁶. L'astronome Lalande est un autre cas, dont on sait toute l'importance concernant les questions d'observation, en contrepoint des calculs théoriques d'un Clairaut et d'un d'Alembert⁸⁷. Un autre encore, du point de vue direct de l'historiographie, est Montucla, qui fut le premier à se proposer de faire une *Histoire des mathématiques* conçue d'une manière systématique ; la première édition en deux volumes est contemporaine de d'Alembert, puisqu'elle parut en 1758 ; ce dernier y est inclus dans la seconde édition, qui incorpore le XVIII^e siècle, et fut publiée pendant la Révolution, de 1799 à 1801, en 4 volumes⁸⁸.

On conclura ici cette évocation des recherches récentes et en projet sur

⁸⁴ Denis et Gilain [à paraître]. Sur cette période, je dois signaler les travaux réalisés au sein de l'équipe Rehseis (CNRS et Université Paris 7-Denis Diderot), depuis sa création en 1983 par Roshdi Rashed, Christian Houzel et moi-même, en particulier les recherches collectives sur *Les sciences à l'époque de la Révolution française* (Rashed [1988]), sur Condorcet (Crépel et Gilain [1989], Chouillet et Crépel [1996]), et plus récemment celles du groupe de travail "Sciences et Lumières" de cette équipe, animé par Gilles Denis et Christian Gilain, qui ont organisé la table-ronde de Dublin.

⁸⁵ Crépel [1999].

⁸⁶ Il existe, sur Bougainville, une biographie un peu romancée et plutôt désuète, qui décrit ses actions au Québec avec Montcalm et son voyage autour du monde, mais ne dit pratiquement rien de sa formation scientifique auprès de d'Alembert (Dorsenne [1930]).

⁸⁷ Un Colloque "*D'Alembert, Lalande et l'astronomie*", organisé par Pierre Crépel avec le CNRS et l'Université de Lyon 1, s'est tenu à Bourg-en-Bresse les 22-23 septembre 2000.

⁸⁸ Une journée a été consacrée en 1999 à Montucla pour le bi-centenaire de sa mort en 1799, autour de la réalisation de son ouvrage historique.

d'Alembert et sur son époque, sa pensée, ses engagements, ses contemporains, en soulignant combien ces recherches diverses s'inscrivent dans une perspective sur l'histoire qui tient compte des différentes dimensions, individuelles et sociales, de la constitution d'une pensée et d'une œuvre. Une pensée et une œuvre n'auraient pas été sans une vie, et celle-ci s'inscrit dans un tissu organique qui implique d'autres pensées, d'autres œuvres, d'autres vies, en interaction et en échanges avec elle, qu'on ressuscite un peu par la vertu des consultations d'archives. Une pensée, une œuvre, une vie, qui ont été, qui ont été possibles, en un lieu et en un temps circonscrits, dans des circonstances historiques données. Et l'on peut comprendre, par ces études, comment le sens de cette œuvre et de cette pensée s'éclaire de tout cela, de ces liens et de ce contexte qu'elles appellent, tout en étant conscients que ce qui fait avant tout l'importance de cette œuvre - et qu'elle est une œuvre - c'est son contenu de pensée, exprimé dans les textes, par lesquels s'en communique le sens.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- D'ALEMBERT, Jean le Rond [1743]. *Traité de dynamique*, David, Paris, 1743. 2ème éd., modif. et augm., David, Paris, 1758.
- D'ALEMBERT, Jean le Rond [1744]. *Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides*, David, Paris, 1754.
- D'ALEMBERT, Jean le Rond [1747]. *Réflexions sur la cause générale des vents*, David, Paris, 1747. (Pièce qui a remporté le prix proposé par l'Académie Royale des Sciences de Berlin pour l'année 1746).
- D'ALEMBERT, Jean le Rond [1748]. Mémoire historique sur la vie et les ouvrages de M. Jean Bernoulli, *Mercure de France*, mars 1748 ; repris sous le titre : Eloge de Jean Bernoulli, in d'Alembert [1821], vol. 3, p. 338-360.
- D'ALEMBERT, Jean le Rond [1749]. *Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation de l'axe de la Terre dans le système newtonien*, David, Paris, 1749.
- D'ALEMBERT, Jean le Rond [1751a]. *Discours préliminaire de l'Encyclopédie*, 1751 ; repris dans les *Mélanges* de d'Alembert, 1753 ; 1767. Ré-éd., présentée et annotée par Picavet, Armand Colin, Paris, 1894. Ed. sans notes, Gonthier, Genève, 1965. Nlle éd., introduite et annoté par Michel Malherbe, Vrin, Paris, 2000.
- D'ALEMBERT, Jean le Rond [1752]. *Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides*, David, Paris, 1752. (Trad. par d'Alembert sur l'original en latin soumis au concours de l'Académie de Berlin en nov. 1749).
- D'ALEMBERT, Jean le Rond [1754-1756]. *Recherches sur différents points importants du système du monde*, 3 vols., Paris, 1754-1756.
- D'ALEMBERT, Jean le Rond [1755]. Elémens des Sciences, *Encyclopédie*, vol.5, 1755, p. 491-497.
- D'ALEMBERT, Jean le Rond [1758]. *Essai sur les éléments de philosophie ou sur les principes des connaissances humaines*, Paris, 1758. In *Oeuvres philosophiques, historiques et littéraires de d'Alembert*, vol. 2, Bastien, Paris, 1805 [suivi des *Éclaircissements*]. Ré-éd., préface de Richard N. Schwab, Olms Verlag, Hildesheim, 1965 ; autre ré-éd, sans préface, Fayard, Paris, 1986.
- D'ALEMBERT, Jean le Rond [1761-1780]. *Opuscules mathématiques*, 8 vols, David, Paris, 1761-1780 ; vol. 9 inédit (Archives de l'Académie des sciences, Paris).

D'ALEMBERT, Jean le Rond [1765]. *Eclaircissements à l'Essai sur les éléments de philosophie ou sur les principes des connaissances humaines*, Paris, in d'Alembert, *Mélanges* (d'Alembert [1759-1767]), vol. 5, Paris, 1765 ; repris dans les éditions de 1965 et 1986 des *Eléments de philosophie*.

D'ALEMBERT, Jean le Rond [1759-1767]. *Mélanges de littérature, d'histoire et de philosophie*, Zacharie Chatelain et fils, Amsterdam, 5 vols., 1759-1765 ; 1770.

D'ALEMBERT, Jean le Rond [1805]. *Oeuvres philosophiques, historiques et littéraires de d'Alembert*, Bastien, Paris, 1805, 18 vols.

D'ALEMBERT, Jean le Rond [1821]. *Œuvres philosophiques, historiques et littéraires*, 5 vols., Belin, Paris, 1821 ; ré-éd., Slatkine Reprints, Genève, 1967.

D'ALEMBERT [1885]. Correspondance inédite de d'Alembert avec Cramer, Lesage, Clairaut, Turgot, Castillon, Béguelin, etc. publiée avec notice par M. Charles Henry, *Bolletino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche* (Milano), vol. 18, 1885, 507-570 ; 605-649.

D'ALEMBERT, Jean le Rond, BOSSUT, Charles et CONDORCET, Jean Antoine Nicolas de Caritat de [1777]. *Nouvelles expériences sur la résistance des fluides*, Jombert, Paris, 1777.

D'ALEMBERT, Jean le Rond, et DIDEROT, Denis (éd.) [1751-1780]. *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, 17 vols + 11 vol. de planches, Briasson, David, Le Breton et Durant, Paris, 1751-1780.

AUROUX, Sylvain et CHOUILLET, Anne-Marie (dirs.) [1984]. *D'Alembert (1717-1781), Dix-huitième siècle*, n° 16 (numéro spécial), 1984.

BAILHACHE, Patrice [2001]. D'Alembert théoricien de la musique : empirisme et nature, Contribution au présent ouvrage.

BERNOULLI, Johann [1989-1991]. *Der Briefwechsel von Johann Bernoulli, 2: Der Briefwechsel mit Pierre Varignon, Erste Teil (1692-1702); Zweiter Teil (1702-)*, Bearbeit und Kommentiert von Pierre Costabel und Jeanne Peiffer, Birkhauser, Basel, 1988 (vol. 1), 1991 (vol. 2).

BLAY, Michel [1992]. *La naissance de la mécanique analytique. La science du mouvement au tournant des XVII^e et XVIII^e siècles*, Presses Universitaires de France, Paris, 1992.

BOTTAZZINI, Umberto et GILAIN, Christian [en prép.]. Edition critique du vol. I.4 : *Calcul intégral. Cordes vibrantes, 1745-1755* des *Œuvres complètes de d'Alembert*, Paris, CNRS Editions, en préparation.

BOUGAINVILLE, Louis Antoine de [1754-1756]. *Traité du calcul intégral pour faire suite à l'Analyse des infiniment petits de Mr le marquis de l'Hospital*, 2 vols., Paris, 1754 et 1756.

BRU, Bernard [1989]. Doutes de d'Alembert sur le calcul des probabilités, in Emery, Monzani [1989], p. 279-292.

CASSIRER, Ernst [1932]. *La philosophie des Lumières* (original alld., 1932), trad. fr. par Pierre Quillet, Fayard, Paris, 1966.

CHAPRONT, Michelle [2000]. D'Alembert et Lalande, deux points de vue sur la représentation du mouvement de la Lune, Communication au *Colloque D'Alembert, Lalande et l'astronomie*, Bourg-en-Bresse, 22-23 septembre 2000.

CHOUILLET, Anne-Marie [2001]. Liste chronologique des Oeuvres imprimées de D'Alembert, dans ce volume.

CHOUILLET, Anne-Marie et CREPEL, Pierre (éds.) [1996] *Condorcet homme des lumières et de la Révolution*, Actes du colloque de Paris, octobre 1994, ENS Fontenay-Saint-Cloud, collection Theoria, 1996, 308 p.

- CHOUILLET, Anne-Marie; DE GANDT, François et PASSERON, Irène [1998]. L'édition des *Œuvres complètes* de d'Alembert (1717-1783), *Gazette des Mathématiciens*, 77, juillet 1998, 59-71.
- CHOUILLET, Anne-Marie et PASSERON, Irène [2000]. D'Alembert et ses correspondants : état des lieux, Communication au *Colloque D'Alembert, Lalande et l'astronomie*, Bourg-en-Bresse, 22-23 septembre 2000.
- CLAIRAUT, Alexis [1743]. *Traité de la forme de la Terre*, Paris, 1743.
- COMTE, Claude [1998]. Relativity before Relativity, *Conference Physical Interpretations of Relativity Theory, Imperial College, London, septembre 1998*.
- CONDORCET, Jean Antoine Nicolas Caritat de [1793]. *Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain* (terminée en octobre 1793), première édition, an V (1896) ; éd. par François Arago, 1847 ; nlle éd. critique par François et Monique Hincker, Ed. Sociales, Paris, 1971.
- COURCELLE, Olivier et PASSERON, Irène [2000c]. La société des Arts : mathématiciens et artisans dans la première moitié du XVIIIème, in E. Brian (éd.), *Règlements, usages et science dans la France de l'Absolutisme*, Brépols (éd.), Liège, 2000.
- CREPEL, Pierre [1996a]. Esquisse d'une histoire du Tableau historique de Condorcet, in *Mélanges de l'Ecole française de Rome*, 108-2, 1996, p. 469-504.
- CREPEL, Pierre [1996b]. Une curieuse lettre de Borda à Condorcet, in *Histoire et mémoire de l'Académie des sciences*, Paris, Tec et Doc-Lavoisier, 1996, p. 325-337.
- CREPEL, Pierre [1996c]. Comment trouver les mémoires et ouvrages d'un savant ? L'exemple de Charles Romme, in *Histoire et mémoire de l'Académie des sciences*, Paris, Tec et Doc-Lavoisier, 1996, p. 291-310.
- CREPEL, Pierre [1996d]. Sources complémentaires : autres archives et bibliothèques en France, in *Histoire et mémoire de l'Académie des sciences*, Paris, Tec et Doc-Lavoisier, 1996, p. 237-244.
- CREPEL, Pierre [1999]. L'oeuvre scientifique du chevalier de Borda. Analyse de quelques travaux, in *Le chevalier de Borda. Un officier savant au XVIIIe siècle, 1733-1799* Dax, Musée Borda, 1999, p. 60-66.
- CREPEL, Pierre et GILAIN, Christian (dirs) [1989]. *Condorcet mathématicien, économiste, philosophe, homme politique*, Minerve, Paris 1989.
- DASTON, Lorraine [1979]. D'Alembert's critique of probability theory, *Historia Mathematica* 6, 1979, 259-279.
- DEMIDOV, Serguei S. [1982]. Création et développement de la théorie des équations différentielles aux dérivées partielles dans les travaux de J. d'Alembert", *Revue d'histoire des sciences* 35, 1982, 3-42.
- DEMIDOV, Serguei S. [1989]. D'Alembert et la naissance de la théorie des équations différentielles aux dérivées partielles, in Emery et Monzani [1989], p. 333-350.
- DENIS, Gilles et GILAIN, Christian (éds.) [à paraître]. *Les débats sur la hiérarchie des sciences, X à Congrès International sur les Lumières*, Dublin, 25-31 juillet 1999, à paraître.
- DORSENNE, Jean [1930]. *La vie de Bougainville*, Gallimard, Paris, 1930.
- EMERY, Monique et MONZANI, Pierre (eds.) [1989]. *Jean d'Alembert, savant et philosophe. Portrait à plusieurs voix*, Archives contemporaines, Paris, 1989.
- ENGELSMAN, Steven B. [1984a]. D'Alembert et les équations aux dérivées partielles, *Dix-huitième siècle*, n° 16, 1984, 27-37.

ENGELSMAN, Steven B. [1984b]. *Families of curves and the origins of partial differentiation*, North Holland, Amsterdam, 1984.

EULER, Leonhard [1911-]. *Opera omnia*, Basel, 3 séries de nombreux volumes, depuis 1911.

FLAMENT, Dominique [1996]. Quelques étapes de la constitution du nombre complexe, in F. Norguet, S. Ofman et J.-J. Szczeciniarz (éds), *Géométrie complexe*, Hermann, 1996, 241-269.

GALLETO, D. [1991]. Lagrange e le origini della *Mécanique Analytique*, *Giornale di fisica* 32, 1991, 83-126.

DE GANDT, François [1992]. La gravitation universelle à l'épreuve des observations, 1687-1750, *Cahiers d'Histoire et de Philosophie des Sciences* (Belin, Paris) 40, 1992, 147-157.

DE GANDT, François [1994]. D'Alembert et la chaîne des sciences, *Revue de Synthèse* (Albin Mochel, Paris), IV, 1-2, janvier 1994, 39-53.

DE GANDT, François [1995]. La réception de Newton : philosophes et géomètres, *Revue du Nord* 77, n°312, oct.-déc. 1995, 845-857.

DE GANDT, François [1996a]. Cosmologia generalis 1731-1781 : l'enchaînement du monde dans la philosophie des lumières, *Actes du Colloque International Histoire et actualité de la cosmologie*, Publications de l'Observatoire de Paris, 1996, vol. 1, p. 117-136.

DE GANDT, François [1996b]. La physique de d'Alembert dans l'*Encyclopédie*, *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, n°21, octobre 1996, 99-112.

DE GANDT, François [1999]. 1744 : Maupertuis et d'Alembert entre mécanique et métaphysique, in *Pierre Louis Moreau de Maupertuis-Tagung der Berlin-Brandenburg Akademie 1998*, Berlin Verlag, Berlin, 1999, p. 277-292.

DE GANDT, François [2001]. The limits of intelligibility : the status of physical science in d'Alembert's philosophy, in Lefèvre, W. (ed.), *Between Leibniz, Newton and Kant*, Kluwer, Dordrecht, 2001, p. 47-61.

DE GANDT, François [à paraître, a]. Leibniz' legacy in the physics of the Enlightenment, *Taiwanese Journal for Philosophy and History of Science*, sous presse.

DE GANDT, François (éd.) [à paraître, b]. *Cirey dans la vie intellectuelle : la réception de Newton en France* (Collque de Joinville, juillet 1995), *Studies on Voltaire and the Eighteenth Century*, sous presse. GILAIN, Christian [1996]. Sur la correspondance de Condorcet avec Euler et ses disciples de Pétersbourg, *Mélanges de l'Ecole française de Rome*, 108-2 1996, p. 517-531.

GILAIN, Christian [1997]. Le théorème fondamental de l'algèbre et la théorie géométrique des nombres complexes au XIX ème siècle, in D. Flament (éd.), *Le nombre, une hydre à n visages : Entre nombres complexes et vecteurs*, Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'homme, 1997.

GILAIN, Christian [2001]. D'Alembert et l'intégration des expressions différentielles à une variable, Contribution au présent ouvrage.

GILAIN, Christian [à paraître, a]. Correspondance Euler-Condorcet, édition critique et commentée, in Leonhard Euler, *Opera omnia*, série IVA, tome 7, Basel, Birkhäuser.

GILAIN, Christian [à paraître, b]. J.H. Lambert et la recherche d'une théorie du calcul intégral à l'époque des Lumières, in *Actes du XXè Congrès International d'Histoire des Sciences*, Liège, juillet 1997, Brepols, coll. Travaux de l'Académie internationale d'histoire des sciences, à paraître.

GILAIN, Christian [à paraître, c]. La classification des mathématiques à l'Académie

royale des sciences (1699-1785), in *Actes du colloque pour le tricentenaire du règlement de l'Académie des sciences*, juin 1999, Paris, Tec & Doc, à paraître.

GILAIN, Christian [à paraître, d]. La place des mathématiques à l'époque des Lumières, dans *Actes du Xè Congrès international des Lumières* (Dublin, juillet 1999), *Studies on Voltaire and the Eighteenth Century, Suppl.*, à paraître.

GREENBERG, John L. [1981]. Alexis Fontaine's «fluxo-differential» method and the origins of the calculus of several variables, *Annals of Science*, 38, 1981.

GREENBERG, John L. [1982]. Alexis Fontaine's integration of ordinary differential equations and the origins of the calculus of several variables, *Annals of Science*, 39, 1982.

GREENBERG, John L. [1986]. Mathematical physics in eighteenth century France, *Isis*, 77, 1986, 59-78.

GREENBERG, John L. [1995]. *The Problem of the Earth from Newton to Clairaut*, New York, 1995.

GRIMBERG, Gérard [1998]. *D'Alembert et les équations aux dérivées partielles en hydrodynamique*, Thèse de doctorat en épistémologie et histoire des sciences, Université Paris 7-Denis Diderot, soutenue le 14.12.1998.

GRIMBERG, Gérard [2001]. D'Alembert et les équations différentielles aux dérivées partielles en hydrodynamique, Contribution au présent ouvrage.

GRIMBERG, Gérard et PATY, Michel [à paraître]. L'origine hydrodynamique du principe de d'Alembert, à paraître.

GUSDORF, Georges [1971]. *Les principes de la pensée au siècle des Lumières*, Payot, Paris, 1971. (*Les sciences humaines et la pensée occidentale*, 4).

HANKINS, Thomas L. [1970]. *Jean d'Alembert, science and the enlightenment*, Oxford University Press, Oxford, 1970.

HOUZEL, Christian [1989]. D'Alembert et le théorème fondamental de l'algèbre, in Emery, Monzani [1989], p. 351-360.

HOUZEL, Christian [2001]. Les équations aux dérivées partielles : 1740-1780, Contribution au présent ouvrage.

KLEINERT, Andreas [1989]. D'Alembert et le prix de l'Académie de Berlin en 1746, in Emery, Monzani [1989], p. 415-432.

KÖLVING, Ulla et PASSERON, Irène (éds.) [2002]. *Science, musiques, Lumières. Mélanges offerts à Anne-Marie Chouillet*, Centre International d'Etude du XVIII è siècle, Ferney-Voltaire (F), 2002.

LAGRANGE, Joseph Louis [1867-1892]. *Oeuvres*, Gauthier-Villars, Paris, 14 vols.

LAPLACE, Pierre Simon [1799-1825]. *Traité de mécanique céleste*, 5 vols., Paris, 1799-1825. Rééd. en 4 vols., Paris, 1829-1939.

LAPLACE, Pierre Simon [1912]. *Oeuvres*, Gauthier-Villars, Paris, 14 vols.

LEIBNIZ, Wilhelm Gottfried [1989]. *Naissance du calcul différentiel, 26 articles des Acta Eruditorum*. Introduction, traduction et notes par Marc Parmentier, Vrin, Paris, 1989.

LE RU, Véronique [1996]. *Jean Le Rond d'Alembert philosophe*, Vrin, Paris, 1994.

LE RU, Véronique [1996a]. La méthode des éléments de d'Alembert, in *l'Encyclopédie in Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, 21, 1996.

LE RU, Véronique [1996b]. Analyse et synthèse dans la philosophie cartésienne, in *Analyse et démarche analytique. Les neveux de Descartes, Reims, 10 et 11 mai 1996, Actes du XIè Colloque Inter-IREM Épistémologie et Histoire des*

Mathématiques, 1996.

LE RU, Véronique [1996c]. Lumière et modèles dans la *Dioptrique* de Descartes, paru dans les *Actes de la 6^e Journée Descartes savant du 19 octobre 1996*, Association des Amis du Musée Descartes, 1996.

LE RU, Véronique [1997]. L'apport de Voltaire dans le débat entre cartésiens et newtoniens sur le système du monde, *Histoire des sciences et des techniques*, CRDP de Bretagne, 1997.

LE RU, Véronique [1999a]. L'aigle à deux têtes de l'*Encyclopédie* : accords et divergences de Diderot et d'Alembert entre 1751 et 1759, in *Recherches sur Diderot et l'Encyclopédie*, 26.

LE RU, Véronique [1999b]. Les *Éléments de philosophie* de d'Alembert in *Dioti*, 4, *Ellipses*, CRDP Midi-Pyrénées, 1999.

LE RU, Véronique [2000]. La *Lettre sur les aveugles* et le bâton de la raison, in *Recherches sur Diderot et l'Encyclopédie*, 28.

LE RU, Véronique [2001]. Réflexions sur le calcul infinitésimal et l'émergence de la notion de limite dans l'œuvre de d'Alembert, Contribution au présent ouvrage.

LE RU, Véronique [à paraître, a]. La définition newtonienne des qualités des corps en général, in *La réception de Newton en France*, Voltaire Foundation, à paraître.

LE RU, Véronique [à paraître, c]. La société des gens de Lettres dans l'*Essai sur la société des Gens de Lettres et des Grands* de d'Alembert, *Kairos*, à paraître.

MAHEU, Gilles [1967]. *La vie et l'œuvre de d'Alembert*, Thèse d'histoire des sciences, EHESS, Paris, 1967, 3 vols., dactyl.

MARTIN-VIOT, Florence [1994]. *L'élaboration des principes variationnels en dynamique, de Lagrange à Hamilton et Jacobi* (DEA, Paris 7, Thèse de doctorat en épistémologie et histoire des sciences, Université Paris 7-Denis Diderot, soutenue le 4.11.1994

MERLEAU-PONTY, Jacques [1983]. *La science de l'Univers à l'âge du positivisme. Etude sur les origines de la cosmologie contemporaine*, Vrin, Paris, 1983.

MICHEL, Alain [2001]. Calcul et métaphysique du calcul : la question des principes de l'analyse au XVIII^{ème} siècle, Contribution au présent ouvrage.

MONTUCLA, Jean-Etienne [1758-1801]. *Histoire des mathématiques*, 1^{ère} éd., Paris, 1758, 2 vol. ; 2^e éd. étendue Paris, 4 vols., an VII-an X (1799-1801)

NAKATA, Ryoichi [2000]. D'Alembert's second resolution in *Recherches sur la Précession des équinoxes* : comparaison with Euler, *Historia Scientiarum*, 10-1, 2000, 58-76.

PASSERON, Irène [1994]. *Clairaut et la figure de la Terre au dix-huitième siècle. Cristallisation d'un nouveau style autour d'une pratique physico-mathématique*, Thèse de doctorat en Epistémologie et Histoire des sciences, Université Paris 7-Denis Diderot, 19.12.1994.

PASSERON, Irène [1999] Maupertuis, passeur d'intelligibilité. De la cycloïde à l'ellipsoïde aplati en passant par le "newtonianisme" : années parisiennes, in Hecht, Hartmut (éd.), *Pierre Louis Moreau de Maupertuis, Eine Bilanz nach 300 Jahren*, Berlin Verlag, Berlin, 1999, p. 17-33.

PASSERON, Irène [2000a]. L'épreuve des erreurs : le calcul sur les observations astronomiques lors du voyage au Pérou, in Jean Dhombres (éd.) *Actes du colloque Bouguer*, Nantes, 2000.

PASSERON, Irène [2000b]. Une mathématicienne au XVIII^{ème} siècle : muse ou élève ? Sur les lettres de Clairaut à Madame du Châtelet, in François de Gandt (éd.), *Newton à Cirey*, Voltaire Foundation, Oxford, 2000.

PATY, Michel [1977]. *Théorie et pratique de la connaissance chez Jean d'Alembert*. Thèse de doctorat en philosophie, Université des Sciences Humaines, Strasbourg 2, 1977, dactyl., non publiée.

PATY, Michel [1981]. La position de d'Alembert par rapport au matérialisme, *Revue philosophique* 171 (106^e année), 1981, n° 1, 49-66.

PATY, Michel [1984a]. D'Alembert : science et philosophie à l'époque des Lumières, *La Recherche*, 15, 1984, n° 152 (février), 166-177.

PATY, Michel [1984b]. Rapport des mathématiques et de la physique dans la pensée de d'Alembert, *Dix-huitième siècle*, n° 16, 1984 (numéro sur: *D'Alembert et les sciences de son temps*), p. 69-79.

PATY, Michel [1984c]. D'Alembert: un bicentenaire, *La Pensée*, n° 239, mai-juin 1984, 73-81.

PATY, Michel [1987a]. D'Alembert et le rapport science-philosophie au dix-huitième siècle, *Revue de l'Enseignement philosophique*, 38^eme année, n° 1, sept-oct. 1987, 26-36.

PATY, Michel [1987b]. La critique par d'Alembert des conditions d'une théorie des probabilités physiques, *Fundamenta Scientiae* 8, 1987, 257-282.

PATY, Michel [1988]. D'Alembert et les probabilités, in R. Rashed (ed.), *Sciences à l'époque de la Révolution française. Recherches historiques*, Blanchard, Paris, p. 203-265.

PATY, Michel [1989]. D'Alembert et la théorie physique, in Emery, Monique; Monzani, Pierre, et le Centre international de synthèse (ed.), *Jean d'Alembert, savant et philosophe: portrait à plusieurs voix. Actes du Colloque organisé par le Centre international de synthèse*.- *Fondation Pour la science, Paris, 15-18 juin 1983*, Archives contemporaines, Paris, 1989, p. 233-260.

PATY, Michel [1990]. Ciência, filosofia e sociedade, da *Encyclopédie* até à Revolução francesa: de d'Alembert a Condorcet, in Coggiola, Osvaldo (org.), *A Revolução francesa e seu impacto na America Latina. (Atas do Simposio internacional, São Paulo, 29 de maio-1° de junho de 1989)*, Nova Stella/CNPq/EDUSP, São Paulo, 1990, p. 95-106.

PATY, Michel [1994]. Le caractère historique de l'adéquation des mathématiques à la physique, in Garma, Santiago; Flament, Dominique; Navarro, Victor (eds.), *Contra los titanes de la rutina.- Contre les titans de la routine (Rencontre à Madrid de chercheurs hispano-français sur l'histoire et la philosophie de la mathématique, 18-22.11.1991)*, Comunidad de Madrid/C.S.I.C., Madrid, 1994, p. 401-428.

PATY, Michel [1997]. «Mathesis universalis» et intelligibilité chez Descartes, Trad. en esp. par Martha C. Bustamante, «Mathesis universalis» e inteligibilidad en Descartes, Trad. in Albis, V. R. ; Charum, J. ; Sanchez, C. H. ; Serrano, G. (eds.), *Memorias del Seminario en conmemoración de los 400 años del nacimiento de René Descartes*, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Coleccion Memorias, n°9, Bogotá, 1997, p. 135-170. Trad. en port. par Maria A. Corrêa-Paty, «Mathesis universalis» e inteligibilidade em Descartes, *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* (Campinas), Série 3, vol. 8, 1998 (n°1, jan.-jun.), 9-57. Original en français, in Chemla, K., Probst, S., Erdély A. et Moretto, A. (éds.), *Ceci n'est pas un festschrift pour Imre Toth*, à paraître.

PATY, Michel [1998a]. *D'Alembert ou la raison physico-mathématique au siècle des Lumières*, Collection Figures du savoir, Les Belles Lettres, Paris, 1998.

PATY, Michel [1998b]. La philosophie et la physique, in Jean-François Mattéi (éd.), *Le Discours philosophique*, volume 4 de l'*Encyclopédie philosophique universelle*, Presses Universitaires de France, Paris, 1998, chap. 123, p. 2104-

2122.

PATY, Michel [à paraître, a]. D'Alembert, la science newtonienne et l'héritage cartésien, *Corpus* (Paris), à paraître.

PATY, Michel [à paraître, b]. Principes de la mécanique et analyse chez d'Alembert. Le point de vue conceptuel, à paraître.

PATY, Michel [à paraître, c]. Préface, découverte et signification dans les Traités scientifiques de d'Alembert, Résumé de l'exposé au Séminaire *Préfacer la science*, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 5 décembre 1996.

PATY, Michel [à paraître, d]. Des sciences physico-mathématiques à la physique mathématique au XVIII^e siècle, à paraître.

RASHED, Roshdi (ed.) [1988]. *Sciences à l'époque de la Révolution française. Recherches historiques*, Blanchard, Paris, 1988.

ROERO, Clara Silvia [2001]. Jacob Hermann, sa vie, ses travaux et ses méthodes analytiques, Contribution au présent ouvrage.

SCHWAB, Richard N. [1963]. Introduction and notes, in d'Alembert, Jean, *Preliminary Discourse of the Encyclopedia*, Bobbs-Merril, 1963.

SCHWARTZ, Elisabeth [2001]. Le modèle mathématique de l'analyse vu par les philosophes, contribution au présent ouvrage.

SERIS, Jean-Pierre [2001]. Le problème de la manoeuvre des vaisseaux à l'époque de d'Alembert, Contribution au présent ouvrage.

SOUCHAY, Jean [2000]. La précession des équinoxes chez d'Alembert et à son époque, Communication au *Colloque D'Alembert, Lalande et l'astronomie*, Bourgen-Bresse, 22-23 septembre 2000.

TATON, René [1984]. D'Alembert, Euler et l'Académie de Berlin, *Dix-huitième siècle*, n° 16, 1984, 55-68.

TOURNES, Dominique [1997]. *L'intégration approchée des équations différentielles ordinaires (1671-1914)*, Presses universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq, 1997.

VERLEY, Jean-Luc [1989]. Le statut des nombres complexes chez d'Alembert, in Emery, Monzani [1989), p. 279-292.

VIARD, Jérôme [à paraître]. Le principe de d'Alembert et la conservation du «moment cinétique» d'un système de corps isolés dans le *Traité de dynamique*, à paraître.

VIARD, Jérôme et YOUSOUF, Ismael [1997]. Les relations entre élasticité et dureté dans le *Traité de dynamique* et dans l'Encyclopédie sont-elles compatibles ? Application à la «déduction» des lois du choc des corps élastiques de celle des corps durs, *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, n°22, avril 1997, 123-145.

VILAIN, Christiane [à paraître, a]. La question du centre d'oscillation de 1660 à 1700, *Physis*, à paraître.

VILAIN, Christiane [à paraître, b]. La question du centre d'oscillation de 1703 à 1743, *Physis*, à paraître.