



HAL
open science

Les forces vives de la formation de l'esprit scientifique

Véronique Le Ru

► **To cite this version:**

Véronique Le Ru. Les forces vives de la formation de l'esprit scientifique. *Diogène : Revue internationale des sciences humaines*, 2021, n° 269-270 (1), pp.65-80. 10.3917/dio.269.0065 . hal-03326999

HAL Id: hal-03326999

<https://hal.univ-reims.fr/hal-03326999v1>

Submitted on 26 Aug 2021

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

LES FORCES VIVES DE LA FORMATION DE L'ESPRIT SCIENTIFIQUE

VÉRONIQUE LE RU

La querelle des forces vives : mv ou mv^2 ?

La querelle des forces vives est remarquable par sa longévité¹ mais aussi par ses acteurs. Par sa longévité : si D'Alembert parle en 1743 de vingt ans et même en 1758 de trente ans de discussion, on peut lui en donner le double (soixante ans, voire soixante-dix ans) car tout commence en 1686, quand Leibniz publie, dans les *Acta eruditorum de Leipzig*, sa *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii*, où il accuse Descartes et les cartésiens de confondre mouvement et force. L'abbé Catelan répond sur le champ à Leibniz dans les *Nouvelles de la république des lettres* en septembre 1686, en montrant qu'il faut un temps double pour que la force agisse comme le carré de la vitesse et pour cette raison, en un seul temps, la force est comme la masse multipliée par la simple vitesse ; il est donc inutile de distinguer force et mouvement. Cette controverse divise le monde savant jusqu'en 1758 : la deuxième édition du *Traité de Dynamique* marque un coup d'arrêt, sans doute par l'éclaircissement que propose D'Alembert du concept de force dont il faut faire usage le moins possible, dit-il, et seulement pour exprimer un effet de mouvement :

J'ai[e], pour ainsi dire, détourné la vue de dessus les causes motrices, pour n'envisager uniquement que le mouvement qu'elles produisent ; [...] j'ai[e] entièrement proscrit les forces inhérentes au corps en mouvement, être obscurs et métaphysiques, qui ne sont capables que de répandre les ténèbres sur une science claire par elle-même. (D'Alembert 1758 : XVI-XVII)

Après avoir réduit la querelle des forces vives à la question de savoir si on doit mesurer la force par la quantité absolue des obstacles ou par la somme de leurs résistances (solution qui a sa préférence dans la mesure où elle fournit une mesure commune de la force : $F = mv$ pour l'équilibre et le mouvement retardé), il exprime son scepticisme à ce sujet :

Néanmoins, comme nous n'avons d'idée précise et distincte du mot de force, qu'en restreignant ce terme à exprimer un effet, je crois qu'on doit laisser chacun le maître de se décider comme il voudra là-dessus ; et toute la question ne peut plus consister,

¹ « Cette question qui depuis vingt ans partage les géomètres », dit D'Alembert dans la première édition de 1743 de son *Traité de Dynamique*, p. XVI, dans la 2^e éd de 1758, il rectifie : « Cette question qui depuis trente ans partage les géomètres », p. XVII.

que dans une discussion métaphysique très futile, ou dans une dispute de mots plus indigne encore d'occuper des philosophes. (*Ibid.* : XXII)

Il n'en reste pas moins que, de 1686 à 1758, soit pendant plus de soixante ans, les savants les plus éminents de l'époque, dont la Marquise Du Châtelet, participent au débat. Or il est intéressant de souligner que loin d'être une simple dispute de mots, ce à quoi cherche à la réduire D'Alembert, cette querelle est avant tout une discussion sur les premiers principes et les principes dérivés : quels sont les principes fondateurs, quels sont les principes seconds ?

Notre propos est de montrer que D'Alembert a été fortement influencé et formé par les réflexions sur la physique que développe Émilie du Châtelet (1706-1749), dans les *Institutions de Physique* parues en 1740. La Marquise Du Châtelet a marqué le savoir de son siècle et jusqu'à aujourd'hui encore, ne serait-ce que par le travail de traduction et de commentaire qu'elle a fourni sur Newton : la seule traduction intégrale de l'œuvre magistrale du physicien anglais, les *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, actuellement disponible en français, est celle de la Marquise, publiée en 1756-1759 et dont la dernière réédition en fac-similé date de 1990. Sa vie commune avec Voltaire à Cirey entre 1735 et 1749 a été déterminante pour rendre Voltaire newtonien et l'inciter à prêter sa plume à la cause newtonienne. Si cette influence sur Voltaire est connue, si son travail de traduction et de commentaire l'est aussi dans une certaine mesure, d'autres aspects de son œuvre le sont moins, comme, par exemple, les *Institutions de physique*, parues en 1740. Ce manuel, qu'elle avait conçu pour apprendre la physique à son fils, présente une tentative de synthèse audacieuse de la métaphysique de Leibniz et de la physique de Newton. Il offre, en outre, des considérations subtiles et fines en épistémologie sur la question des forces vives, sur l'importance du principe de raison, sur le statut des hypothèses et de l'erreur en science, considérations dont les encyclopédistes et notamment D'Alembert ont fait leur miel, et dont cet article va tenter de dégager l'influence et l'héritage.

Émilie du Châtelet et Dortous de Mairan : deux forces vives en présence

Il importe au préalable de contextualiser l'œuvre d'Émilie du Châtelet pour l'articuler à celle de D'Alembert. Émilie du Châtelet est à bien des égards une femme exceptionnelle, d'abord par sa formation. Son père, qui a l'âge quand elle naît d'être son grand-père, lui donne accès à une formation réservée aux garçons – la Marquise apprend le latin et les mathématiques –, ensuite par ses capacités intellectuelles : elle s'avère très douée pour les mathématiques, elle sait parler couramment l'anglais, enfin elle a l'esprit philosophique. Son travail acharné, son intérêt pour la physique nouvelle de Newton l'ont conduite à correspondre et à

fréquenter les plus grands savants de son temps : Maupertuis, Clairaut mais aussi le secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences de Paris, Dortous de Mairan. Si elle fut un certain temps l'élève de Maupertuis, sa correspondance avec le savant malouin marque sa tentative d'établir avec lui une discussion d'égal à égal, ce qui n'est pas chose facile quand on est une femme au XVIII^e siècle, comme le souligne Irène Passeron : « [...] le seul savant amené par Mme du Châtelet à discuter d'égal à égal avec elle est Dortous de Mairan [...] Tous les autres se sont poliment tenus à distance » (Passeron 2001 : 196). Or, remarque Dagmar Pichová, cette situation conduit à un paradoxe de la communication de la Marquise avec la communauté savante : « soit elle suscite une réaction vive, "impolie", soit elle est considérée comme une femme de haut rang, avec laquelle on ne discute pas de la même manière qu'avec les autres membres de la communauté des gens de lettres » (Pichová 2015 : 53). En effet, la lettre que Dortous de Mairan a adressée à la Marquise en réponse à ses critiques concernant son mémoire sur les forces vives, a été jugée impolie par ses contemporains et a engendré une véritable polémique qui a largement contribué à faire reconnaître Émilie du Châtelet par la communauté savante.

Comment cette polémique est-elle née ? La Marquise envoie à Dortous de Mairan les *Institutions de physique* dont le dernier chapitre défend les forces vives et s'oppose, de ce fait, à l'argumentation développée par celui-ci dans son mémoire de 1728 contre les forces vives. Si la Marquise commence par reconnaître la valeur du mémoire qu'elle choisit de réfuter (Du Châtelet 1740 : 429), elle finit par conclure sur son inanité : « Je me flatte que M. de Mairan regardera les remarques que je viens de faire sur son mémoire, comme une preuve du cas que je fais de cet ouvrage ; j'avoue qu'il a dit tout ce que l'on pouvait dire en faveur d'une mauvaise cause : ainsi, plus ces raisonnements sont séduisants, plus je me suis crue obligée de vous faire sentir qu'ils ne portent aucune atteinte à la doctrine des forces vives » (*ibid.* : 433). Dortous de Mairan, piqué au vif, publie la *Lettre à Mme la marquise du Châtelet sur la question des forces vives* (Paris, Académie royale des Sciences de Paris, 1741). En adoptant le ton condescendant d'un savant qui instruit une femme, il accuse la Marquise d'erreurs d'interprétation de son mémoire et lui reproche de plagier, dans sa défense des forces vives, Samuel Koenig.

L'accusation est grave et la Marquise publie en mars 1731 une *Réponse de Madame du Châtelet à la lettre que M. de Mairan [...] lui a écrite le 18 février 1741 sur la question des forces vives*. Elle adopte un ton ironique pour montrer à Dortous de Mairan combien sa suffisance est déplacée et les critiques de ses capacités intellectuelles mal fondées. Des copies de sa réponse sont envoyées aux membres de la communauté scientifique. Le débat est suivi avec intérêt par les gens de lettres. En ce

sens, on peut dire que la polémique a offert à la Marquise l'occasion de faire reconnaître ses qualités scientifiques et sa capacité à tenir tête à l'un des plus grands savants français. D'Alembert, alors qu'il est proposé comme associé géomètre à l'Académie des sciences le 1^{er} mars 1741 et qu'il y est nommé comme adjoint géomètre le 13 mai de la même année, a certainement lu les textes de cet échange entre la Marquise et Dortous de Mairan. Deux ans plus tard, dans son Discours Préliminaire au *Traité de Dynamique* (abrégé par la suite en *D.P.T.D.*) qui lui vaudra d'être nommé pensionnaire à l'Académie des Sciences, il fait mention de la querelle des forces vives : « Cette question qui depuis vingt ans partage les géomètres » (D'Alembert 1743 : XVII), ce qui situe l'origine de la querelle entre 1723 et 1728. D'Alembert, après avoir cité Leibniz, Jean Bernoulli, Mac Laurin, ajoute que « les écrits d'une Dame illustre par son esprit et son savoir ont contribué à intéresser le public [à cette question] » (*ibid.* : XVII).

D'Alembert est connu pour avoir mis un terme à cette controverse. Il conclut son analyse de la querelle en ces termes : « Aussi n'aurait-elle pas sans doute enfanté tant de volumes, si on se fût attaché à distinguer ce qu'elle renfermait de clair et d'obscur. En s'y prenant ainsi, on n'aurait eu besoin que de quelques lignes pour décider la question : serait-ce là ce que la plupart de ceux qui ont traité cette matière, auraient voulu éviter ? » (*ibid.* : XXI-XXII). L'analyse de D'Alembert vise à unifier le plus possible les principes de la mécanique par un consensus entre savants. Que nous dit-il ? « Cette question qui depuis vingt ans partage les géomètres » est d'une « inutilité parfaite » pour la mécanique (*ibid.* : XVII). Plus loin il ajoute : « Qu'on propose le même problème de mécanique à résoudre à deux géomètres, dont l'un soit adversaire et l'autre partisan des forces vives, leurs solutions, si elles sont bonnes, seront toujours parfaitement d'accord ; la question de la mesure des forces est donc entièrement inutile à la mécanique, et même sans aucun objet réel » (*ibid.* : XXIII-XXIV). La fin de la citation nous instruit sur l'intention de son auteur, à savoir démanteler la conception métaphysique de la force qui tend à en faire un être. Il veut anéantir l'idée que la force est un être, en réduisant la querelle des forces vives à une simple question de dénomination et de convention. Dispute de mots, question de nom, ces expressions traduisent bien le souci de D'Alembert d'arracher la querelle du terrain métaphysique où elle s'est développée pour en faire un simple problème de dénomination ou plutôt de définition. Selon lui, il n'est pas nécessaire de donner à la notion de force une connotation ontologique pour résoudre les problèmes de la mécanique. Il suffit pour cela de s'en tenir aux effets observables du mouvement d'un corps. Et il est vain

d'extrapoler sur la nature des forces qui le produisent car on ne sait rien de l'essence des corps ni du mouvement². À la page xvii de la préface, D'Alembert explicite à quoi renvoie cette notion de force comprise comme définition de nom : « Quand on parle de la force des corps en mouvement, ou l'on n'attache point d'idée nette au mot qu'on prononce, ou l'on ne peut entendre par là en général, que la propriété qu'ont les corps qui se meuvent, de vaincre les obstacles qu'ils rencontrent, ou de leur résister » (*ibid.* : XVII-XVIII). Cette explicitation lui permet d'invalider les deux thèses qui s'affrontent dans la querelle des forces vives, à savoir la thèse des cartésiens qui prônent l'identification de la force et de la quantité de mouvement³ et la thèse de Leibniz exprimée notamment dans la *Brève démonstration d'une erreur mémorable de Descartes [...]* (Leibniz 1972a : 159), selon laquelle c'est la force vive et non la quantité de mouvement qui se conserve. Leibniz, dans son *Essai de dynamique sur les lois du mouvement* (Leibniz 1972b : 353), distingue en réalité deux cas : le cas de la « force morte » ou encore de l'équilibre, où la force peut effectivement se mesurer par la quantité de mouvement, et le cas des « forces vives » où les forces ne sont point comme les quantités de mouvement mais comme les produits des masses par les carrés des vitesses, et il précise au § 8 du même texte : « il se trouve par la raison et par l'expérience, que c'est la force vive absolue, ou qui s'estime par l'effet violent qu'elle peut produire, qui se conserve et nullement la quantité de mouvement » (*id.*, *ibid.*).

D'Alembert refuse d'adhérer à l'une ou l'autre de ces conceptions de la force : « Ce n'est donc ni par l'espace qu'un corps parcourt uniformément, ni par le temps qu'il emploie à le parcourir, ni enfin par la considération simple, unique et abstraite de sa masse et de sa vitesse qu'on doit estimer immédiatement la force ; c'est uniquement par les obstacles qu'un corps rencontre, et par la résistance que lui font ces obstacles » (D'Alembert 1743 : XVIII-XIX). Il présente la thèse

² Dans l'*Éloge de Bernoulli* qui fait écho à la préface du *Traité de dynamique*, D'Alembert écrit : « Tous les géomètres conviennent entre eux sur la mesure de ces effets, et cela doit leur suffire. Nous en saurons davantage, quand il plaira à l'Être suprême de nous dévoiler plus clairement l'essence des corps, et surtout la manière d'analyser par le calcul leurs propriétés métaphysiques, peut-être aussi incomparables entre elles que nos propres sensations » (D'Alembert 1821 : 356).

³ Thèse des cartésiens et non véritablement de Descartes car ce dernier distinguait plusieurs sens du mot force, et notamment deux types de forces : la force à une dimension comme le poids, et la force à deux dimensions définie par le produit d'un poids et de son élévation, ce qui amène Pierre Costabel à dire que, pour Descartes, « les équilibres relevaient non pas de l'égalité des moments mais d'une égalité équivalente s'exprimant au moyen de la force à deux dimensions. Égalité en quoi il est aisé de reconnaître l'ébauche d'un principe appelé à une grande fortune, mais qu'il fallut deux siècles pour dégager nettement, le principe des travaux virtuels » (Costabel 1983 : 9).

leibnizienne en ces termes : « je ne crois pas devoir passer sous silence une opinion dont Leibniz a cru pouvoir se faire honneur comme d'une découverte ; que le grand Bernoulli a déjà si sagement et si heureusement approfondie ; que Mac Laurin a fait tous ses efforts pour renverser ; et à laquelle enfin les écrits d'une Dame illustre ont contribué à intéresser le public » (*ibid.* : XVII). La présentation est antileibnizienne : il s'agit d'une « opinion » de Leibniz réduite au rang de pseudo-découverte. En revanche, le « grand Bernoulli » (entendons Jean, frère de Jacques) a « approfondi » l'opinion de Leibniz. *L'Éloge de Bernoulli* éclaire ce passage de la préface. D'Alembert y expose les deux raisons de l'insuccès de la pièce de Bernoulli sur les lois de la communication du mouvement des corps durs, au concours de l'Académie Royale des Sciences de Paris (en 1724-1726). La raison à ses yeux la plus importante (l'autre étant que Bernoulli a critiqué le sujet en disant qu'il n'existait pas de corps parfaitement durs⁴) tient au fait que Bernoulli, dans son *Discours sur les lois de la communication du mouvement*, s'est révélé trop leibnizien. Bernoulli y a renforcé, à l'aide de démonstrations nouvelles, « l'opinion » de Leibniz et a insisté sur « une vérité très importante, découverte par Huygens, à savoir que dans le choc des corps élastiques, la somme des forces vives, c'est-à-dire des produits des masses par les carrés des vitesses, demeure toujours la même ; ce qu'on ne peut pas dire de la somme des produits des masses par les vitesses ». D'Alembert ajoute : « Les partisans des forces vives ont souvent fait valoir ce théorème en faveur de leur opinion : surtout depuis qu'on l'a rendu plus général et d'un usage presque universel dans les problèmes de mécanique » (D'Alembert 1821 : 356). Cette citation est instructive de la position paradoxale de D'Alembert qu'il reprend dans la préface. D'une part, il enlève à la querelle des forces vives toute utilité dans la constitution des principes de la mécanique ; d'autre part, il reconnaît l'universalité et la fécondité du théorème de la conservation des forces vives. Si le grand Bernoulli est digne d'éloges, ce n'est pas parce qu'il est leibnizien mais parce qu'il a mis en avant le théorème découvert par Huygens. Même si D'Alembert ne remet pas en question les progrès scientifiques redevables à ce concept de force vive, il refuse toutefois de reconnaître à la querelle une quelconque fécondité et, corollairement, il minimise injustement le rôle scientifique joué par Leibniz. Cette minimisation de l'apport leibnizien s'explique par le fait que D'Alembert, dans son *Traité de dynamique*, entend bien présenter le théorème de la conservation des forces vives non comme un principe premier de la mécanique mais comme un principe second qui découle du principe qui,

⁴ Le sujet du concours portait en effet sur les lois de la communication du mouvement des corps parfaitement durs.

selon lui, suffit à unifier toute la dynamique, à savoir son propre principe qu'on appelle aujourd'hui le principe de D'Alembert dont il établit la priorité par rapport au principe de la conservation des forces vives, d'où son investissement dans la querelle des forces vives : la question de la priorité des principes en constitue un fort enjeu.

Le troisième nom célèbre que D'Alembert mentionne est celui de Mac Laurin, l'auteur de la pièce qui a remporté le prix du concours proposé par l'Académie des sciences de Paris en 1726 et où Mac Laurin, à l'encontre de Bernoulli, s'évertue à démontrer l'inanité du principe des forces vives. Enfin les « écrits d'une Dame illustre » désignent les *Institutions de physique* de la Marquise du Châtelet.

La fin de la querelle des forces vives : le rôle réconciliateur de D'Alembert

L'argumentation de D'Alembert pour enrayer la querelle des forces vives prend appui sur la définition de la force. La force c'est « la propriété qu'ont les corps qui se meuvent, de vaincre les obstacles qu'ils rencontrent, ou de leur résister » (D'Alembert 1743 : XVII). En proposant cette alternative (vaincre les obstacles ou leur résister), il fait apercevoir le nœud de la question qu'il explicite page XXI : « Toute la difficulté se réduit donc à savoir si on doit mesurer la force par la quantité absolue des obstacles, ou par la somme de leurs résistances ». Auparavant, il prend soin de distinguer trois types d'obstacles : les « obstacles invincibles qui anéantissent tout à fait » le mouvement des corps ; les « obstacles qui [n'ont] précisément que la résistance nécessaire pour anéantir le mouvement des corps, et qui l'anéantissent dans un instant, c'est le cas de l'équilibre » ; enfin les « obstacles qui anéantissent le mouvement peu à peu, c'est le cas du mouvement retardé » (*ibid.* : XIX). Or cette distinction comporte un double enjeu : elle a une fonction argumentative dans la résolution de la querelle des forces vives, mais elle a aussi une fonction d'introduction au principe de dynamique que D'Alembert expose dans la deuxième partie du traité. En effet, la nouveauté de ce principe est de traiter analytiquement le problème d'un système matériel de plusieurs corps en mouvement, en considérant qu'à chaque instant il y a équilibre. Dès lors, il importe, pour concevoir l'équilibre comme la résultante de forces appliquées et de forces d'inertie, de distinguer de manière rigoureuse ces trois sortes d'obstacles.

Cette distinction de trois sortes d'obstacles lui permet de regrouper sous une même définition (selon laquelle on considère la force comme la propriété de vaincre ou de résister aux obstacles) le cas du repos qu'il élimine parce qu'il ne pose pas de problème, le cas de l'équilibre et celui du mouvement retardé. À partir de là, l'argumentation se développe sans plus de difficultés en deux moments. Le premier consiste à rappeler le

principe de l'équilibre : « tout le monde convient qu'il y a équilibre entre deux corps, quand les produits de leurs masses par leurs vitesses virtuelles, c'est-à-dire les vitesses avec lesquelles ils tendent à se mouvoir, sont égaux de part et d'autre » (*ibid.* : XX). Le principe est ici présenté comme allant de soi (« tout le monde convient ») et consiste à dire que dans le cas de l'équilibre, la quantité de mouvement peut représenter la force. Le deuxième moment énonce le théorème de la conservation des forces vives. D'Alembert reprend l'argumentation développée par Bernoulli à propos des ressorts dans son *Discours sur les lois de la communication du mouvement*, en lui ôtant son caractère particulier, c'est-à-dire en l'élargissant à tous les cas de mouvement retardé dans lequel le produit de la masse par le carré de la vitesse peut représenter la force. Ainsi, par la juxtaposition de ces deux cas, D'Alembert réussit le coup de force de réduire la querelle à une pure question de convention, réduction qu'il exprime ainsi : « Au fond, quel inconvénient pourrait-il y avoir à ce que la mesure des forces fût différente dans l'équilibre et le mouvement retardé, puisque, si on ne veut raisonner que d'après des idées claires, on doit n'entendre par le mot de *force*, que l'effet produit en surmontant l'obstacle ou en lui résistant ? » (*Ibid.* : XX-XXI).

Ainsi s'accomplit l'entreprise de réconciliation. Cependant elle ne serait pas parfaitement achevée si D'Alembert en restait là car il y aurait deux notations de la mesure de la force. Aussi marque-t-il sa préférence pour la notation cartésienne. Elle est meilleure en ce qu'elle est généralisable aux deux cas, à condition de ne retenir cette fois qu'une branche de l'alternative de la définition initiale de la force, c'est-à-dire à condition de mesurer la force par la somme des résistances et non par la quantité absolue des obstacles. Cette préférence répond à l'exigence d'unification de la mécanique et aussi à une « raison naturelle » : « Il paraîtrait plus naturel de mesurer la force de cette dernière manière ; car un obstacle n'est tel qu'en tant qu'il résiste, et c'est, à proprement parler, la somme des résistances qui est l'obstacle vaincu : d'ailleurs, en estimant ainsi la force, on a l'avantage d'avoir pour l'équilibre et pour le mouvement retardé une mesure commune » (*ibid.* : XXI-XXII). On retrouve ici deux lignes directrices de la pensée de D'Alembert : le souci d'unité et le fondement des principes de son épistémologie dans une raison naturelle, c'est-à-dire dans un présupposé métaphysique. La convention suivant laquelle on décide de mesurer la force par la somme des résistances des obstacles est en dernière instance fondée dans une raison naturelle.

Les *Institutions de physique* d'Émilie : un guide pour la recherche

Or ce point est très intéressant car fonder les principes de la philosophie des sciences sur une raison naturelle est exactement ce que préconise Émilie du Châtelet dans ses *Institutions de physique* quand elle se réfère au principe de raison suffisante de Leibniz : « Ce principe duquel toutes les vérités contingentes dépendent, et qui n'est ni moins primitif, ni moins universel que celui de contradiction, est le principe de raison suffisante : tous les hommes le suivent naturellement ; car il n'y a personne qui se détermine à une chose plutôt qu'à une autre, sans une raison suffisante qui lui fasse voir que cette chose est préférable à l'autre » (Du Châtelet 1740 : 22). Pourtant D'Alembert n'est pas leibnizien, tant s'en faut. Du reste, il ne mentionne jamais le principe de raison suffisante même si le principe de raison sous-tend un certain nombre de ses démonstrations de principes, notamment celle du principe d'inertie⁵. Alors comment comprendre sa position ? Il reprend clairement la conception de la métaphysique développée par la Marquise quand elle distingue deux espèces de choses dans la métaphysique : « la première, ce que tous les gens qui font un bon usage de leur esprit, peuvent savoir ; et la seconde, qui est la plus étendue, ce qu'ils ne sauront jamais » (*ibid.* : 14). Ainsi, dans les *Éléments de philosophie*, D'Alembert déclare : « On peut dire en un sens de la métaphysique que tout le monde la fait ou personne, ou pour parler plus exactement, que tout le monde ignore celle que tout le monde ne peut savoir [...] Le vrai en métaphysique ressemble au vrai en matière de goût ; c'est un vrai dont tous les esprits ont le germe en eux-mêmes, auquel la plupart ne font point d'attention mais qu'ils reconnaissent dès qu'on le leur montre » (D'Alembert 1986 : 39-40).

Il retient aussi l'idée qu'il y a un principe de raison mais ce qui le différencie de Leibniz et de la Marquise est que le principe de raison ne fonde pas les vérités contingentes mais les principes de la mécanique, c'est-à-dire des propositions de vérité nécessaire car les lois de la mécanique, selon lui, sont de vérité nécessaire. En effet, toute la préface de son *Traité de dynamique* vise à donner à la mécanique un statut de science mathématique⁶. L'argument de la liberté que prend la Marquise pour justifier l'omniprésence du principe de raison suffisante dans les actions humaines, D'Alembert aurait tôt fait de le réfuter par sa conception spinoziste de la liberté : on se croit libre parce qu'on ignore les causes qui déterminent l'action. De fait, tout est nécessaire, ce évidemment à quoi s'opposerait la Marquise qui, à l'instar de Voltaire, défend la liberté humaine.

⁵ Sur ce point, voir Le Ru (1994 : 51-62).

⁶ Sur ce point, voir Le Ru (*ibid.* : 25-35).

L'influence d'Émilie du Châtelet sur la philosophie des sciences de D'Alembert

Cette question du principe de raison est exemplaire du rapport que D'Alembert entretient avec les conceptions de la Marquise. Même s'il n'est pas d'accord avec ses conceptions par leur teinture leibnizienne, il retient quelque chose d'elles : son idée de la métaphysique, l'importance d'une raison naturelle. De même, pour la question des forces vives, même s'il n'est pas d'accord avec Émilie, il prend le problème suffisamment au sérieux pour tenter de mettre un terme à la querelle. Enfin, sur une autre question, le statut des hypothèses et de l'erreur en science, D'Alembert est clairement l'héritier d'Émilie du Châtelet. Commençons par expliciter la conception des hypothèses et le statut positif de l'erreur dans les *Institutions de physique*.

La Marquise, quand elle fait référence aux deux systèmes d'explication du monde développés par Descartes et Newton, choisit de ne traiter que de celui de Newton (celui de Descartes étant bien connu) et de montrer « comment les phénomènes s'expliquent par l'hypothèse de l'attraction » (Du Châtelet 1740 : 7). L'attraction, notons-le, a le statut d'une hypothèse qu'il faut étudier parce qu'elle est un des deux systèmes qui partagent le monde pensant. En ne présentant pas le système des tourbillons de Descartes, elle prend ouvertement parti pour Newton. Mais ce qui est intéressant est que sa préférence n'est pas partisane : elle qualifie l'attraction d'hypothèse alors que Voltaire dans les *Éléments de la philosophie de Newton* en fait une question de fait. En outre, Émilie du Châtelet est loin d'être aveuglément newtonienne ; d'une part, parce qu'elle trouve la physique de Newton et notamment l'attraction infondée et qu'elle veut l'enraciner dans la métaphysique leibnizienne ; d'autre part, parce qu'elle est réservée, voire étonnée par l'incongruité de certaines des questions qu'il développe à la fin du *Traité d'Optique* : « et quand je lis quelques-unes des questions que M. Newton a mises à la fin de son *Optique*, je suis frappée d'un étonnement bien différent [de celui qui la frappe devant certaines idées saines d'Aristote] » (*ibid.* : 11). Enfin, elle est très critique sur la position de Newton à l'égard des hypothèses : « Un des torts de quelques philosophes de ce temps, c'est de vouloir bannir les hypothèses de la physique ; elles y sont aussi nécessaires que les échafauds dans une maison que l'on bâtit ; il est vrai que lorsque le bâtiment est achevé, les échafauds deviennent inutiles, mais on n'aurait pu l'élever sans leur secours » (*ibid.* : 9).

Deux remarques s'imposent à propos de ce passage : d'une part, le bâtiment newtonien a encore besoin d'échafauds car il est inachevé du fait que Newton n'a pas assigné de cause à l'attraction, ce qui est confirmé par le statut d'hypothèse que la Marquise lui confère. D'autre

part, ce statut même de l'hypothèse donné à l'attraction montre bien que Newton lui-même, malgré qu'il en ait, ne peut se passer d'hypothèse. Et c'est bien Newton qui est visé, lui qui après avoir reconnu qu'il n'a pas encore assigné de cause à l'attraction déclare, dans le Scholie général des *Principia mathematica*, « *hypotheses non fingo* » que la Marquise traduit par : « je n'imagine pas d'hypothèses » (Newton 1990 : II, 179). Or ces dernières s'avèrent nécessaires en physique car elles sont fécondes et heuristiques et obligent les scientifiques à se mettre au travail et à ne pas se contenter de ce qu'ils ont découvert. Par conséquent, Newton a tort de renoncer à élaborer des hypothèses pour assigner une cause à l'attraction : « aussi rien n'est-il plus capable de retarder les progrès des sciences que de vouloir les en bannir, et de se persuader que l'on a trouvé le grand ressort qui fait mouvoir toute la nature, car on ne cherche point une cause que l'on croit connaître, et il arrive par là que l'application des principes géométriques de la mécanique aux effets physiques, qui est très difficile et très nécessaire, reste imparfaite, et que nous nous trouvons privés des travaux et des recherches de plusieurs beaux génies qui auraient peut-être été capables de découvrir la véritable cause des phénomènes » (Du Châtelet 1740 : 9).

Mais les hypothèses peuvent être dangereuses si elles se mêlent aux conclusions du raisonnement : « Il est vrai que les hypothèses deviennent le poison de la philosophie quand on les veut faire passer pour la vérité » (*id. ibid.*). La Marquise paie ici son tribut à l'air du temps qui condamne les systèmes fondés sur des hypothèses et l'esprit de système qui les régit. *Ne quid nimis*, ni trop ni trop peu, telle est la position qu'elle défend à l'égard des hypothèses qui nous aident à force de tâtonnements dans la recherche du vrai mais qui, dans cette démarche aveugle, doivent s'appuyer sur le bâton de l'expérience, seul recours pour réguler le pas du scientifique :

L'expérience est le bâton que la nature a donné à nous autres aveugles, pour nous conduire dans nos recherches ; nous ne laissons pas avec son secours de faire bien du chemin, mais nous ne pouvons manquer de tomber si nous cessons de nous en servir ; c'est à l'expérience à nous faire connaître les qualités physiques, c'est à notre raison à en faire usage et à en tirer de nouvelles connaissances et de nouvelles lumières. (Du Châtelet 1740 : 10)

Cette méthode à suivre pour se servir des hypothèses en physique est approfondie dans le chapitre V des *Institutions de physique*. Émilie du Châtelet nous livre ici ses réflexions sur l'art de conjecturer.

Elle commence par rappeler l'obligation d'errer en science :

Il y a des vérités inconnues comme des pays, dont on ne peut trouver la bonne route qu'après avoir essayé de toutes les autres. Ainsi, il faut nécessairement que quelques-uns risquent de s'égarer, pour marquer le bon chemin aux autres : ce serait donc faire un grand tort aux sciences, et retarder infiniment leurs progrès que d'en bannir avec quelques philosophes modernes, les hypothèses. (*Ibid.* : 75)

Suit une critique des deux excès inverses : abuser des hypothèses, comme les cartésiens, et tomber dans des fictions ; ou bien bannir les hypothèses, comme les newtoniens, et renoncer à assigner et démontrer les causes de tout ce que nous voyons.

Contre ces deux excès inverses, il faut se donner une méthode pour bien user des hypothèses et ne pas craindre de nous tromper et d'errer en nous mettant en chemin car plusieurs routes s'offrent à nous :

[...] mais si l'incertitude où l'on est, lequel de ces chemins est le bon, était une raison pour n'en prendre aucun, il est certain qu'on n'arriverait jamais ; au lieu que lorsqu'on a le courage de se mettre en chemin, on ne peut douter que de trois chemins, dont deux nous ont égarés, le troisième nous conduira infailliblement au but. (*Ibid.* : 77)

La Marquise développe ici une conception positive de l'erreur et de l'obligation d'errer en science. L'erreur n'est pas à rejeter car elle nous indique les voies à ne pas suivre et nous oblige à changer de méthode d'investigations. L'erreur a, tout comme l'hypothèse dont elle résulte, une valeur heuristique, elle nous oblige à tenter d'autres chemins, à oser élaborer d'autres hypothèses qui elles-mêmes nous mettent en route sans que nous sachions si ce chemin conduit à une découverte ou ne mène nulle part. Mais nous savons, depuis l'Avant-Propos, que nous avons le bâton de l'expérience pour ne pas nous égarer dans des pays imaginaires ou des romans de la nature.

Dans le chapitre V sur les hypothèses, la Marquise montre que les sciences, et notamment l'astronomie, progressent par la succession d'hypothèses corrigées ou rectifiées :

Il est donc évident que c'est aux hypothèses successivement faites et corrigées que nous sommes redevables des belles et sublimes connaissances dont l'astronomie et les sciences qui en dépendent sont à présent remplies ; et l'on ne voit pas comment il aurait été possible aux hommes d'y parvenir par un autre moyen. (*Ibid.* : 79-80)

L'art de conjecturer et l'obligation d'errer sont donc constitutifs de l'art d'inventer comme le dernier paragraphe du chapitre le souligne :

En distinguant entre le bon et le mauvais usage des hypothèses, on évite les deux extrémités, et sans se livrer aux fictions, on n'ôte point aux sciences une méthode très nécessaire à l'art d'inventer, et qui est la seule qu'on puisse employer dans les recherches difficiles qui demande la correction de plusieurs siècles, et les travaux de plusieurs hommes, avant d'atteindre une certaine perfection. (*Ibid.* : 88)

Les idées développées par la Marquise dans ce chapitre sont amplement reprises par D'Alembert dans sa philosophie des sciences. En premier lieu, il développe dans les *Éléments de philosophie* des considérations sur l'art de conjecturer fort proches de celles de la Marquise. Il explique que certaines questions en physique relèvent de l'art de conjecturer :

[...] ainsi on doit apprendre dans les matières purement conjecturales à ne pas confondre avec le vrai rigoureux ce qui est simplement probable, à saisir dans le

vraisemblable même les nuances qui séparent ce qui l'est davantage de ce qui l'est moins. Tel est l'usage de cet esprit de conjecture ; plus admirable quelquefois que l'esprit même de découverte, par la sagacité avec laquelle il fait entrevoir ce qu'on ne peut pas parfaitement connaître, suppléer par des à peu près à des déterminations rigoureuses et substituer lorsqu'il est nécessaire la probabilité à la démonstration, avec les restrictions d'un pyrrhonisme raisonnable. (D'Alembert 1986 : 36)

Dans ce passage, en insistant sur le fait qu'on ne doit pas confondre le vrai rigoureux avec le probable, D'Alembert reprend l'idée de la Marquise selon laquelle les hypothèses, si on les fait passer pour des vérités, deviennent le poison de la philosophie. Il souligne également le caractère heuristique des hypothèses et de l'esprit de conjecture « plus admirable quelquefois que l'esprit de découverte » par les chemins qu'il indique.

En outre, D'Alembert, en tant que directeur de la partie scientifique de l'*Encyclopédie*⁷, y a certainement supervisé l'article HYPOTHÈSE et contribué à ce qu'il soit une reprise mot à mot de certains passages du chapitre V des *Institutions de physique*⁸.

Enfin, D'Alembert est aussi l'héritier de la Marquise à propos de l'argument d'autorité : celui-ci n'a aucune place en science. En effet, quand la Marquise n'hésite pas à critiquer Newton, par certains aspects de son œuvre (elle désapprouve notamment son rejet des hypothèses et l'absurdité de certaines des questions finales de l'*Optique*), elle le fait au nom d'un refus de l'argument d'autorité en science : « [...] lorsqu'on a l'usage de la raison, il ne faut en croire personne sur sa parole, mais il faut toujours examiner par soi-même, en mettant à part la considération qu'un nom fameux emporte toujours avec lui » (Du Châtelet 1740 : 11). Or D'Alembert n'hésite pas lui non plus à critiquer Newton, il a même pensé un moment remettre en question sa théorie scientifique à propos du problème des trois corps. Rappelons ici que le calcul du périhélie de la Lune qui plongea Clairaut, D'Alembert et Euler dans la controverse du problème des trois corps, était au départ en désaccord avec la théorie newtonienne de l'attraction, jusqu'à ce que les trois savants découvrent chacun leur erreur et réhabilitent la théorie newtonienne. Ce qui se joue derrière la controverse du problème des trois corps, c'est le refus de considérer l'œuvre newtonienne comme un système clos et auto-suffisant. D'Alembert, à la suite de la Marquise, rejette tout argument d'autorité en science, y compris si celui-ci se réfère à Newton. La lettre à M.*** qu'il écrit en réponse au discours du Prince

⁷ D'Alembert a même été co-directeur avec Diderot de l'*Encyclopédie* jusqu'en 1758, mais, après sa démission, il se contenta de diriger la partie scientifique de l'ouvrage.

⁸ La comparaison entre l'article HYPOTHÈSE de l'*Encyclopédie* et le chapitre V des *Institutions de physique* a été soigneusement étudiée par Koffi Maglo (2008 : 255-260).

Louis Gonzaga di Castiglione prononcé à la Société Royale de Londres est de ce point de vue tout à fait significative :

L'objet du discours dont il s'agit ici est de sacrifier les géomètres français au grand Newton (qui n'a pas besoin pour être grand qu'on lui sacrifie personne) et de faire entendre que nos mathématiciens n'ont fait que mettre en calcul ce que Newton avait déjà trouvé avant eux, ou ce qu'il n'a pas cru digne d'être développé dans son livre des Principes ; cet ouvrage selon l'auteur du discours, n'a laissé aux siècles suivants que l'honneur de le commenter. (D'Alembert 1885 : 95)

Prenant alors la défense des géomètres français, D'Alembert énumère les progrès qui leur sont dus et cite notamment le problème des trois corps. Dans le *Discours Préliminaire de l'Encyclopédie*, D'Alembert reprend la conception de la Marquise selon laquelle les progrès des sciences sont de nature historique, ce qui est une manière forte de dire que la physique cartésienne doit désormais faire place à la physique newtonienne qui est, pour l'instant, la plus reconnue, grâce au calcul permettant de l'étayer : « cette démonstration [de la gravitation des planètes] qui n'appartient qu'à lui, fait le mérite réel de sa découverte ; et l'attraction sans un tel appui serait une hypothèse comme tant d'autres » (D'Alembert 1984 : 101). Mais cela ne veut pas dire que c'est un système figé dans le marbre, D'Alembert explicite l'hypothèse d'un dépassement de Newton : « Si le newtonianisme venait à être détruit de nos jours » (*ibid.* : 111). On retrouve ici la proposition de la Marquise que les sciences progressent par une série d'hypothèses rectifiées, idée qui sera à son tour amplement reprise par Bachelard qui en a fait une des lignes directrices de sa philosophie des sciences. En lisant la proposition d'Émilie que les sciences progressent par une série d'hypothèses rectifiées, on croit lire Bachelard. En effet, ce dernier, en affirmant que l'esprit scientifique se constitue comme un ensemble d'erreurs rectifiées (Bachelard 1986 : 239), s'inscrit dans le prolongement direct des *Institutions de physique*. Bachelard fait sienne sa conception positive de l'errance inventive et de l'erreur heuristique en ce qu'elle met sur d'autres voies que celles qui ont conduit à des impasses. À l'instar d'Émilie du Châtelet, ce qui intéresse fondamentalement Bachelard dans la science au travail, ce sont les tâtonnements, les essais, les erreurs (Bachelard 1983 : 13). Par la valeur positive reconnue à l'activité d'errer et par la conception de la pensée scientifique comme ensemble d'erreurs rectifiées, Bachelard est bien proche, malgré qu'il en ait, des réflexions des *Institutions de physique*. Car tout se passe comme s'il avait voulu effacer la moindre trace de l'influence d'Émilie du Châtelet sur sa propre philosophie des sciences. Misogynie ordinaire ou dissimulation de références, toujours est-il que Bachelard a tout fait pour qu'on n'aille pas lire la Marquise. Dans les mentions de l'œuvre de cette dernière, il est en effet d'une partialité et d'une sévérité sans nom, comme l'atteste cet

extrait plein de « suffisance » tiré de la *Formation de l'esprit scientifique* :

Il suffit de lire les lettres de Mme du Châtelet pour avoir mille occasions de sourire de ses prétentions à la culture mathématique. À Maupertuis, elle pose, en faisant des grâces, des questions qu'un jeune élève de 4^e résout de nos jours sans difficulté. Ces mathématiques vont tout à l'inverse d'une saine formation scientifique. (Bachelard 1986 : 34)

Or, comme on l'a montré, Émilie du Châtelet a été non seulement une scientifique hors pair, mais aussi une philosophe des sciences de premier ordre qui a marqué le savoir de son époque et inspiré un des plus grands savants français du XVIII^e siècle. Ce dernier n'a d'ailleurs pas hésité, en tant que directeur de l'*Encyclopédie*, à reprendre dans des articles scientifiques et dans ses écrits les réflexions d'une grande Dame illustre.

Véronique Le Ru
(Université de Reims, CIRLEP EA 4299)

Références

- Bachelard, G. (1986 [1938]) *La Formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Bachelard, G. (1983 [1940]) *La Philosophie du non*. Paris : PUF.
- Bernoulli, J. (1727) *Discours sur les lois de la communication du mouvement*. Paris : Claude Jombert.
- Catelan, abbé (1686) *Nouvelles de la république des lettres*. Paris : Henry Desbordes.
- Costabel (1983) « La question des forces vives », *Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences*, n° 8.
- D'Alembert, J. (1743 ; 1758) *Traité de dynamique*, Paris : David.
- D'Alembert, J. (1821) *Éloge de Bernoulli*, in *Œuvres*, T. III, p. 338-360. Paris : Belin.
- D'Alembert, J. (1986) *Éléments de philosophie*. Paris : Fayard.
- D'Alembert, J. (1820-1821) *Œuvres*, 5 tomes. Paris : Belin.
- D'Alembert, J. (1885) *Correspondance inédite de d'Alembert avec Cramer, Lesage, Clairaut, Turgot, Castillon, Béguelin, etc.* Paris : Gauthier-Villars.
- D'Alembert, J. (1984) *Discours Préliminaire de l'Encyclopédie*. Paris : Vrin.
- Du Châtelet, É. (1740) *Institutions de Physique*. Paris : Prault.
- Du Châtelet, É. (1731) *Réponse de Madame du Châtelet à la lettre que M. de Mairan [...] lui a écrite le 18 février 1741 sur la question des forces vives*. Bruxelles : chez Foppens.
- Leibniz, G. (1972a [1686]) *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii*, in *Œuvres*, T. I. Paris : Aubier Montaigne.
- Leibniz, G. (1972b) *Essai de dynamique sur les lois du mouvement*, in *Œuvres*, T. I. Paris : Aubier Montaigne.
- Le Ru, V. (1994) *D'Alembert philosophe*. Paris : Vrin.
- Maglo, K. (2008) « Mme du Châtelet, l'*Encyclopédie*, et la philosophie des sciences », in U. Kölving et O. Courcelle (dir.), *Émilie du Châtelet, éclairages et documents nouveaux*, p. 255-266, FerneyVoltaire : Centre international d'étude du XVIII^e siècle.

- Mairan, Dortous de (1741) *Lettre à Mme la marquise du Châtelet sur la question des forces vives*. Paris : Académie royale des Sciences de Paris.
- Newton, I. (1990 [1756-1759]) *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, trad. Émilie Du Châtelet, 2 tomes. Paris : Gabay. Newton, I. (1955 [1722]) *Traité d'Optique*, trad. Coste. Paris : Gauthier-Villars.
- Passeron, I. (2001) « Muse ou élève ? Sur les lettres de Clairaut à Mme du Châtelet », in F. De Gandt (dir.), *Cirey dans la vie intellectuelle. La réception de Newton en France*, T. XI, p. 187-197. Oxford : SVEC, vol. 11.
- Pichová, D. (2015 : 24) « Émilie du Châtelet : devenir femme de lettres », in D. Picco et M.-L. Paoli (dir.), *Lumières. La condition des femmes dans l'Europe du XVIII^e siècle*, p. 47-58. Bordeaux : Presses Universitaires.
- Voltaire (1741 [1738]) *Éléments de la philosophie de Newton*. Paris : Prault.