



HAL
open science

Atmosphères fibreuses et Terre multipolaire: conceptions et expériences magnétiques (1746-1760)

Yannick Fonteneau

► **To cite this version:**

Yannick Fonteneau. Atmosphères fibreuses et Terre multipolaire: conceptions et expériences magnétiques (1746-1760). P.Crépel & J.Ehrard (dir.), Etienne-François Dutour de Salvert (1711 – 1789), un physicien auvergnat du XVIIIe siècle, Paris, L'Harmattan, 2014, pp. 57-97, 2014. hal-01800450

HAL Id: hal-01800450

<https://hal.science/hal-01800450v1>

Submitted on 26 May 2018

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.

Sous la direction de Pierre Crépel et Jean Ehrard

**ETIENNE FRANÇOIS DUTOUR DE
SALVERT (1711-1789)**

Un physicien auvergnat du 18^e siècle

-

Préface d'Irène Passeron

L'Harmattan

Des mêmes auteurs

Ouvrages

- D'Alembert, *Opuscules mathématiques*, tome 1, 1761. Édition critique sous la direction de Pierre CRÉPEL, Alexandre GUILBAUD et Guillaume JOUVE, *Œuvres complètes*, vol. III/1, Paris, CNRS Éditions, 2008.
- D'Alembert, *Opuscules mathématiques*, tome 3, 1764. Édition critique par Fabrice FERLIN avec la collaboration d'Arnaud MAYRARGUE, *Œuvres complètes*, vol. III/3, Paris, CNRS Éditions, 2011.
- Gilbert Romme, *Correspondance 1777-1779*, éd. par Anne-Marie BOURDIN, Philippe BOURDIN, Jean EHRARD, Hélène ROL-TANGUY et Alexandre TCHOUDINOV, Clermont-Ferrand, Presses Universitaires Blaise-Pascal, vol. I, tomes 1 et 2, 2006, tome 3, 2013 ; vol. II, à paraître.
- Gilbert Romme, *Notes scientifiques et Anecdotes 1782-1788*, édit. Anne-Marie BOURDIN, Jean EHRARD et Hélène ROL-TANGUY, PUBP, 2009.
- Hugues CHABOT et Sophie ROUX (dir.), *La mathématisation comme problème*, Paris, Édition des archives contemporaines, 2011.
- Michelle CHAPRONT et Pierre CRÉPEL (dir.), *L'Octant et la plume: Grandjean de Fouchy, astronome et secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences*, n° spécial de la *Revue d'histoire des sciences*, tome 61-1, janvier-juin 2008.
- Pierre CRÉPEL (dir.), *D'Alembert, mathématicien des Lumières*, n° spécial des *Génies de la Science*, 39, mai-juillet 2009.

Thèses

- Yannick FONTENEAU, *Développements précoces du concept de travail mécanique (fin 17e s.-début 18e s.) : quantification, optimisation et profit de l'effet des agents producteurs*, Thèse de doctorat, Universités Lyon 1 et Turin, 27 juin 2011, <http://yfonteneau.wordpress.com/these/>
- Michael BYCROFT, *Physics and Natural History in the Eighteenth Century: the Case of Charles Dufay*, PhD, University of Cambridge (UK), 2013.

AVANT-PROPOS

Ce livre est le point de convergence de deux parallèles. La première est la ligne suivie depuis des années, sous l'égide du CNRS, par les chercheurs qui travaillent à l'édition des *Œuvres complètes* de D'Alembert. La seconde est celle du groupe Gilbert Romme, formé à Clermont-Ferrand dans le cadre du Centre d'Histoire Espaces et Cultures (CHEC) de l'Université Blaise-Pascal, et qui a entrepris de publier la correspondance et les autres écrits du futur conventionnel riomois. Or les deux groupes ont été conduits, chacun par son sujet, à s'immerger dans l'étude du mouvement scientifique du XVIII^e siècle. Si D'Alembert, grand géomètre, déjà reconnu comme tel par ses contemporains, investi des plus hautes responsabilités académiques, est l'une des figures dominantes du milieu scientifique de son temps, dans un registre évidemment plus modeste le mathématicien Gilbert Romme, curieux de toutes sciences expérimentales, n'a cessé de rechercher contacts et dialogues avec les savants de son époque. Les uns étaient et sont restés célèbres, la notoriété de certains autres ne leur a guère survécu, quelques savants enfin, autrefois estimés pour leur compétence et leur dévouement à la science, sont tombés dans un oubli aussi injuste que total. Injuste car si ceux-là ne sont pas les auteurs directs de grandes découvertes, ils ont contribué par leurs questionnements, leurs observations et leurs hypothèses à créer le terreau d'où sont sortis les Buffon, les Lalande, les Lamarck, les Lavoisier. Parmi ces chercheurs de base, aussi obstinés qu'ils sont devenus obscurs, le physicien Etienne François Dutour de Salvert (1711-1789), correspondant de l'Académie royale des sciences. C'est sa redécouverte simultanée par le groupe Gilbert Romme et le groupe D'Alembert qui a permis leur rencontre autour de lui, à Riom, le 11 octobre 2011, année du tricentenaire de sa naissance.

Le présent volume n'est pas l'exact recueil des actes de cette journée d'étude : si les échanges qui l'ont animée n'ont pu y être reproduits, on y trouvera en revanche des informations et analyses complémentaires. Ce n'est pas en effet le moindre intérêt de la rencontre riomoise que d'avoir donné aux recherches sur Dutour de Salvert une nouvelle impulsion. Parmi les travaux du physicien, le colloque s'était contenté d'aborder -assez rapidement- ceux concernant l'aimant, la vision et les phénomènes

d'adhésion et de capillarité. Cet ouvrage couvre un spectre beaucoup plus vaste et plus représentatif de la diversité des préoccupations du savant : l'électricité dans le contexte bouillonnant et polémique d'alors où cette discipline se cherche, les recherches et réflexions sur l'optique dans leur ensemble, y compris dans leur rapports avec la cristallographie. Tous ces travaux sont traités ici via un examen systématique tant des imprimés que des manuscrits. Enfin, divers aspects, apparemment moins centraux chez Dutour, relatifs à la géologie, à l'histoire naturelle, aux liens entre sciences et religion, à défaut d'être étudiés en détail, sont évoqués, grâce aux retombées de l'inventaire en cours du fonds Salvert aux archives de l'Allier.

Il nous est agréable de conclure ce bref avant-propos sur quelques mots de gratitude. Nous remercions de leur soutien scientifique et technique le CHEC, son directeur, Philippe Bourdin, et son secrétariat, ainsi que le S2HEP de l'Université Claude Bernard Lyon 1 ; de leur hospitalité la Ville de Riom, ses services, la municipalité et le maire, conseiller général, en octobre 2011, Jean-Claude Zicola. Et nous ne pouvons oublier dans nos remerciements les directions et le personnel des Archives de l'Académie des sciences, des Archives départementales de l'Allier, de la Creuse, du Puy-de-Dôme, des Archives communales de Riom. Nous sommes aussi redevables à Antoinette Ehrard de la part qu'elle a prise à la préparation intellectuelle et pratique de la rencontre, à l'accueil des participants, puis à la relecture de certains textes. Merci aussi à Christophe Schmit, qui a participé à la réflexion sur la cohérence entre les chapitres, à Jérémie Cissou, Matthias Crépel et Marie-José Durand-Richard pour la mise en page. Nous avons inséré dans ce volume plusieurs clichés pris aux Archives de l'Académie des sciences et de l'Allier, nous remercions tout particulièrement Florence Greffe et Jean-Thomas Bruel pour cette autorisation et pour leur accompagnement de ces quatre années de travail.

Quelques correspondants consultés ponctuellement ont bien voulu soit nous aider à orienter nos recherches soit nous éclairer de leurs propres lumières : notamment, les historiens Louis Bergeron, Guy Chaussinand-Nogaret et Mireille Touzery, Mme Larue (de Château-sur-Cher), ainsi que deux descendants d'Etienne, Henry et Bertrand de Salvert.

Une mention particulière enfin de deux personnes : Marie Jacob qui nous a procuré l'élégant portrait d'Etienne Dutour reproduit ici, et Irène Passeron, d'abord pour son riche apport à notre documentation et notre réflexion, ensuite pour sa préface.

Jean EHRARD et Pierre CRÉPEL (mai 2014)

CHAPITRE 5

ATMOSPHÈRES FIBREUSES ET TERRE MULTIPOLAIRE : CONCEPTIONS ET EXPÉRIENCES MAGNÉTIQUES (1746-1760)

Yannick FONTENEAU

Les¹ historiens ont négligé la contribution de Dutour de Salvert à l'histoire du magnétisme alors qu'il fut l'un des lauréats de 1746 du prestigieux prix de l'Académie Royale des Sciences. Ses co-lauréats, les Bernoulli et Euler, ont eu droit à d'autres traitements. Pourtant Dutour jouit à l'époque d'une certaine réputation. Il est notamment si estimé de Buffon que celui-ci le recommande à Maupertuis auprès de l'Académie de Berlin, et le croit digne de bien des Académies².

Dutour, il est vrai, n'a composé que trois « pièces » [ou mémoires] traitant du magnétisme et son œuvre est avant tout expérimentale. Mais précisément, on a souvent négligé en histoire des sciences la recherche expérimentale et qualitative, en train de se faire, au profit des aspects théoriques ou quantitatifs. Le magnétisme en est un bon exemple : on ne trouve à notre connaissance aucune étude fouillée du magnétisme au début du 18^e siècle³, qu'on se contente souvent de reléguer dans le fatras baroque d'une science aveugle n'ayant pas reçu les lumières de la quantification. Or, sans ces aspects qualitatifs et l'heuristique apportée par la recherche des causes expliquant les apparences, sans ce travail d'exploration et de terrassement, les avancées du dix-neuvième siècle n'auraient pas été possibles. Au reste, les modèles proposés, même limités, avaient une dimension prédictive qu'on ne peut pas nier.

¹ Je remercie Jean et Antoinette Ehrard pour leur relecture stylistique et orthographique attentive.

² Buffon à Dutour, le 12 juillet 1753, in Chouillet et Albertan, « Autographes et documents », pp. 171-172. Voir aussi Chapitre 1, Annexe 2.

³ Parmi les études ayant un peu d'envergure, en français, on trouvera le vieil ouvrage de Daujat, 1945, et Radelet de Grave, *Les lignes magnétiques*.

Il importe donc peu que Dutour ait été estimé ou non, qu'il ait été jugé grand ou petit, que ses apports aient été expérimentaux ou théoriques : ce n'est pas ce qui nous incite à étudier ses travaux. Le simple fait qu'il ait existé le rend digne de notre attention. Il donne l'occasion, à partir du point focal de ses travaux, d'explorer les relations entre les différentes idées et figures en présence sur la scène du magnétisme, et comment tout cela tient ensemble. Bien entendu, cet article n'est pas un traité du magnétisme dans le premier 18^e siècle, mais une simple contribution que nous léguons à d'autres le soin de juger.

Nous tâchons donc ici de combler une lacune en étudiant dans une première partie le mémoire qui lui valut le prix de 1746. Nous commençons par un rappel chronologique des événements liés à ce prix deux fois reporté (I.a), suivi d'un exposé des concepts et de quelques-unes des expériences mises en œuvre par Dutour au sujet de l'aimant (I.b). Puis nous le replaçons dans son contexte intellectuel (I.c), en comparant son apport avec les pièces de ses co-lauréats, pour enfin examiner les conceptions de Dutour sur le magnétisme terrestre (I.d). Une seconde partie (II), beaucoup plus rapide, est consacrée à ses deux autres mémoires, insérés dans les volumes des *Savants Etrangers*.

1746 : LAURÉAT INATTENDU D'UN CONCOURS À ÉPISODES

Un prix deux fois reporté

« L'Académie est enfin sortie de cet indigne sujet car, quoiqu'il nous ait produit d'assez belles dissertations, je ne puis m'empêcher de le nommer ainsi puisque vous avouerez avec moi qu'on est encore sans doute bien loin d'avoir la véritable cause du magnétisme. »⁴

L'exaspération et le soulagement sont palpables dans cette formule de Clairaut adressée à Euler, co-lauréat du prix de 1746 avec Etienne Dutour de Salvert, Daniel Bernoulli et Jean II Bernoulli. Le prix a en effet été reporté deux fois, mesure relativement exceptionnelle, aucune pièce n'ayant précédemment été jugée digne d'être couronnée.

Le sujet : « l'explication physique de l'attraction réciproque de l'aimant avec le fer, de la direction de l'aiguille aimantée vers le Nord, de sa déclinaison, et de son inclinaison », avait été proposé lors de l'assemblée publique, selon l'usage, le 27 avril 1740⁵. La désignation d'un lauréat fut

⁴ *Leonhardi Euleri opera omnia*, IV-A, vol. 5, p. 165. Ou Courcelle, « 22 avril 1746 (I) : Clairaut (Paris) écrit à Euler », *Chronologie de la vie de Clairaut (1713-1765)* [En ligne], <http://www.clairaut.com/n22avril1746po1pf.html> [Notice publiée le 27 avril 2010].

⁵ PV 1740, f. 75.

reportée une première fois le 4 avril 1742 pour 1744⁶ ; puis une seconde fois le 15 avril 1744 pour 1746⁷. Enfin, lors de la séance publique du 20 avril 1746, présidée par le duc de Chaulnes, le secrétaire perpétuel annonce le partage du triple prix, d'un montant de 7 500 livres, entre les trois pièces, mais à proportion du nombre d'auteurs c'est-à-dire quatre : « sçavoir num[ér]o 3 de 1744 qui a pour devise *Quaerandi defatigatio turpis est, cum id quod quaeritur sit pulcherrimum*⁸, num[ér]o 10 de 1744 qui a pour devise *Fluerere [e] lapide hoc permulta necesse est, semina*⁹, et num[ér]o 8 de 1746 dont la devise est *Insententia permaneto, etenim nisi vicevit melior*¹⁰. » Au total 49 pièces avaient été retenues pour ce concours, puisque aux 27 pièces reçues pour 1744 et 1742¹¹, s'en ajoutèrent 22 pour 1746¹².

Le second report, celui de de 1744, est expliqué à Euler par Clairaut lui-même qui, si on l'en croit, aurait donné le prix à son illustre correspondant sans attendre plus longtemps¹³ :

« Ce qui a fait remettre le prix jusqu'à la 3e fois n'est point ce que vous imaginez, mais que les commissaires, ou plutôt 3 des 5 commissaires, ont voulu ne le donner que forcé par les règlements de l'Académie. Ils ont approuvé votre pièce mais ils ont cru le sujet inexplicable, ce n'était pas eux qui l'avait proposé »¹⁴.

Outre Clairaut, les commissaires sont : Nicole, Maupertuis, Camus,

⁶ PV 1742, f. 126. Dans PV 1743, f. 465, on lit : « J'ai remis à ces M[essieu]rs toutes les pièces qui doivent concourir, tant celles de 1742, au nombre de dix, que celles qui ont été envoyées pour l'année prochaine, au nombre de dix sept »

⁷ « Mais ne s'en étant encore trouvé aucune qui lui ait paru mériter le prix, elle [l'Académie] use du droit que lui donne l'arrêt du Parlement du 4 juillet 1724, et propose une troisième fois ce même sujet pour le prix de 1746. Ce prix sera triple, c'est à dire de 7 500 £ Les pièces déjà envoyées concourront avec les autres, et les auteurs pourront y faire tel changement qu'ils jugeront à propos » (PV 1744, f. 199).

⁸ Euler, « Dissertatio de magnete ».

⁹ Dutour, « Essai sur l'aiman ».

¹⁰ Bernoulli, « Nouveaux principes ».

¹¹ PV 1743, f. 465.

¹² Académie des Sciences, *Registre du prix de l'Académie royale des sciences*, vol. 1, p. 2-4, cité par Courcelle, « 4 septembre 1745 (1) : Les prix », *Chronologie de la vie de Clairaut (1713-1765)* [En ligne], <http://www.clairaut.com/n4septembre1745po1pf.html> [Notice publiée le 26 janvier 2012, mise à jour le 18 février 2012].

¹³ Euler à Clairaut, le 26 avril 1744 : « Pour moi, mon avis aurait été de la donner, et à la pièce à laquelle vous vous intéressez, parce qu'elle était sans contredit la meilleure, vue la nature du sujet qui ne laisse aucune espérance d'une vraie explication ; mais mes confrères ont voulu attendre jusqu'au terme où l'Académie est forcé de la donner » (*Opera omnia, IV-A, 5, p. 154*).

¹⁴ *Opera Omnia, IV-A, 5, pp. 156-158*. Ou Courcelle, « 23 août 1744 (1) : Clairaut (Paris) écrit à Euler », *Chronologie de la vie de Clairaut (1713-1765)* [En ligne], <http://www.clairaut.com/n23aout1744po1pf.html> [Notice publiée le 3 avril 2010].

et Le Monnier fils, les mêmes à chaque fois reconduits¹⁵. Or, les commissaires du prix de 1740 étant Clairaut, Nicole, Mairan, Reaumur et Pitot¹⁶ et les juges d'une année proposant traditionnellement le sujet du prix suivant¹⁷, on conclut que le clan Maupertuis- Camus- Le Monnier fils s'est opposé au clan Clairaut-Nicole pour faire annuler le prix en 1744. Ceci met en évidence une divergence sur le rôle du prix : pour les premiers, le prix est un accélérateur de découvertes à portée de main tandis que pour les seconds c'est une émulation favorisant la recherche, un pas de plus dans la formulation d'un problème mais pas nécessairement sa résolution. Si la première attitude favorise plutôt des questions déjà balisées, et récompense des scientifiques appuyés depuis longtemps sur elles, la seconde est plus susceptible de voir émerger des acteurs plus discrets, moins spécialistes. Les Bernoulli résumant bien cette tension avec une arrogance teintée d'ironie, qui n'est pas rappeler sans leur père :

« J'ai peine à croire que l'Académie, en proposant d'expliquer la nature & les propriétés de l'Aiman, se soit flattée d'une découverte à laquelle tant de philosophes ont travaillé si inutilement, avec une application qui n'a abouti qu'à les persuader, que ce seroit toujours un sujet impénétrable à l'esprit humain.

Quant à moi [*sic*], quoique je ne désespère pas que cette question ne soit éclaircie un jour, je crois cependant, que nous en sommes encore bien éloignés, & que l'on ne sauroit nier qu'elle ne soit une des plus difficiles que nous ayons eu en matière de Physique.

Malgré cette difficulté du sujet proposé, son importance justifie suffisamment le choix de l'Académie, puisqu'un seul pas dont on s'assureroit d'avoir avancé vers la connoissance de l'Aiman, vaudroit plus, sans contredit, que toutes les découvertes sûres, mais stériles, qu'on pourroit faire.

[...] je croirai néanmoins avoir répondu en quelque façon aux vûes de l'Académie, si ces idées ont le bonheur de lui paroître plus probables, que ce qui a été dit jusques ici sur le même sujet. »¹⁸

Euler lui-même fut d'abord totalement découragé par la nature du sujet. À Clairaut, en avril 1742, il écrit:

« Vous m'exhortez à travailler sur la cause de l'aimant ; je vous en suis infiniment obligé, et je vous puis assurer, que j'y ai déjà bien pensé : mais après toutes les recherches tant que j'ai trouvées ailleurs que faites moi-même, j'ai

¹⁵ PV 1743, f. 465.

¹⁶ PV 1739, f. 219v.

¹⁷ Article 5 du règlement des prix, figurant dans : Maindron, *Les fondations de prix*, p. 15.

¹⁸ Bernoulli, *Nouveaux principes*, p. 117-118.

reconnu que je n'étais pas en état de satisfaire au moindre phénomène: et j'ai lieu de craindre qu'à l'avenir je ne sois plus heureux dans cette matière. »¹⁹

On peut aussi se demander si cette première divergence n'est pas révélatrice d'une seconde, épistémologique, sur la progression des connaissances, les uns la considérant comme continuiste, allant de proche en proche, les autres comme potentiellement discontinuiste, susceptible de faire des sauts, des fulgurances, d'où la proposition d'un sujet réputé à l'époque insoluble.

La nature du sujet explique donc qu'un auteur, certes introduit dans le milieu académique, mais plus discret et non reconnu comme un spécialiste du sujet, ait reçu le prix. Euler écrivant à Maupertuis se montre d'ailleurs « fort curieux de [ses] compagnons » et envisage que l'un d'entre eux puisse être le baron Wolff²⁰. Dutour ne lui vient pas à l'esprit, si tant est qu'il le connaisse²¹.

Dutour n'a que 32 ans lorsqu'il envoie le mémoire. C'est son premier fait d'arme scientifique. Coup de débutant, mais coup de maître. Il est probable que son intérêt pour le magnétisme soit récent, ou du moins que ses expériences sur le sujet soient fraîches. Dutour envoie en effet 72 livres à Nollet en 1742 pour l'achat d'« une pierre d'aiman armée portant le poids de 4lb, 3 autres aimants non armés mais taillés et ayant des pôles bien marqués, des aiguilles de différentes grandeurs, et un portant à plusieurs pivots, le tout dans une boîte qui a été mise mercredi dernier à votre adresse »²².

Si son intérêt pour le magnétisme semble récent, il est improbable qu'il s'agisse là de ses premières expériences. La précision et le soin qu'il apporte à ses observations semblent au contraire montrer une longue pratique et l'habitude des méthodologies de la physique expérimentale.

¹⁹ Euler (Berlin) à Clairaut en avril 1742 (*Opera Omnia, IV-A, 5*, pp. 120-126), ou Courcelle (Olivier), « Avril 1742 (1) : Euler (Berlin) écrit à Clairaut », *Chronologie de la vie de Clairaut (1713-1765)* [En ligne], <http://www.clairaut.com/nAvril1742po1pf.html> [Notice publiée le 2 janvier 2010].

²⁰ Euler à Maupertuis, Berlin le 3 mai 1746 : « [...] je suis fort curieux de connoître mes compagnons. Mr Bernouilli m'avoit écrit que son frère Jean avoit aussi concouru, mais s'il est permis de juger les devises, je doute fort qu'aucune des deux autres soit de son invention. Le mot enimvero qui se trouve dans la troisième devise, si je ne trompe, me persuade presque que celle-cy vient de Mr le Baron Wolff, ne connoissant point d'autres Auteurs qui se soient autant familiarisés avec ce mot. » (*Opera Omnia, IV-A, 6*, p. 61). Or aucune des pièces couronnées ne comporte ce mot. Christian Wolff (1679-1754), philosophe, mathématicien et juriste.

²¹ Rappelons qu'Euler n'avait d'abord manifesté aucun enthousiasme pour le sujet.

²² Nollet à Dutour, Paris, 24 décembre 1742, cité par Gauvin, "Un entrepreneur au siècle des Lumières", p. 53.

La modélisation du phénomène magnétique dans le mémoire de Dutour : des tourbillons fibreux de matière subtile

Le mémoire est structuré en six chapitres. Le premier traite de la matière magnétique et du modèle général utilisé par Dutour pour expliquer le magnétisme, le second de la vertu attractive de l'aimant, le troisième de la propriété qu'a l'aimant de lever le fer, le quatrième de la direction de l'aiguille aimantée, le cinquième de sa déclinaison et le sixième de son inclinaison. S'ajoute un appendice sur le magnétisme de la lune.

Dutour ne prétend pas énoncer une vérité. Sans avoir la verve d'un Bernoulli, il se donne pour but de tenir les faits ensemble, c'est-à-dire de proposer une modélisation capable d'expliquer les apparences.

Le modèle de Dutour tourne autour de 5 éléments interdépendants. Comme presque tous les auteurs de son époque, il suppose premièrement que les phénomènes magnétiques dépendent de l'existence d'une matière magnétique, plus subtile que l'air²³. Deuxièmement, cette matière est en mouvement tourbillonnaire autour des aimants²⁴. Troisièmement, ce courant est unique²⁵. Quatrièmement, les pores de chaque aimant forment des canaux parallèles revêtus à l'intérieur de « petits poils roides, peu mobiles, & qui étant tous couchés dans le même sens, en livrent ou en refusent le passage à la matière Magnétique, selon le bout auquel elle se présente pour y pénétrer »²⁶. Cinquièmement, afin d'expliquer la persistance du mouvement au cours du temps, les canaux sont pourvus d'un mouvement interne²⁷. Examinons d'un peu plus près ce qu'il en est.

On a figuré ici (Figure 5.1), une coupe de deux canaux parallèles dont on imagine qu'ils composent la structure interne d'un aimant. L'intérieur de ces canaux étant tapissé des poils rigides dont parle Dutour, l'entrée de la matière magnétique ne peut se faire que par un des côtés, ici celui noté N. Comme les ouvertures des canaux sont trop petites pour laisser passer de l'air, mais suffisamment larges pour la matière magnétique, celle-ci se précipite à l'intérieur « car il en est de cet Aiman comme d'une bouteille vuide, qu'on plongeroit dans une cuve pleine d'eau »²⁸. Les canaux étant pourvus d'un mouvement de contraction périodique, la matière magnétique est chassée vers le pôle noté S, puisque les poils raides empêchent le reflux des particules subtiles vers l'autre pôle. Contrairement à ses autres hypothèses, Dutour ne peut inférer l'existence de la contraction périodique

²³ Dutour, « Essai sur l'aiman... », p. 52.

²⁴ Nous revenons plus bas sur la présence de ce motif tourbillonnaire en plines Lumières même chez des auteurs qui n'ont rien de cartésien.

²⁵ Dutour, « Essai sur l'aiman... », p. 52.

²⁶ *Ibid.*

²⁷ *Ibid.* p. 53.

²⁸ *Ibid.*

des canaux internes de l'aimant par aucune expérience ou observation directe. Il ne la propose que comme conjecture à but heuristique, permettant l'intelligence des phénomènes, ce qui ouvre la voie à une possible prédiction : en somme, tout se passe comme si cette contraction existait.

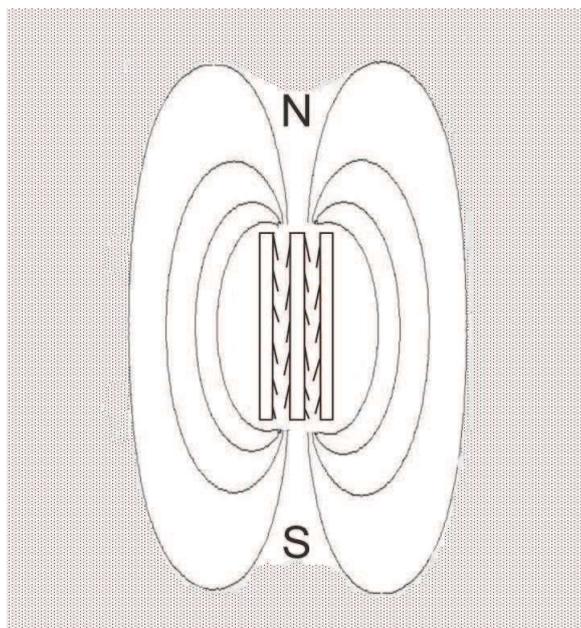


Figure 5.1 (créée par nous sur la base des propos de Dutour) : La matière magnétique très subtile entre (et rentre) par le pôle N et sort (et ressort) par le pôle S, par un mouvement de contraction périodique. Les poils rigides orientent le sens du courant, et la présence à l'extérieur d'air et de matière magnétique lente circulant entre les pôles terrestres, crée un mouvement tourbillonnaire.

Une fois à l'extérieur, la matière magnétique rencontre l'air, qui lui fait obstacle. Du fait des « dispositions opposées qu'ont ces différents milieux »²⁹, la matière magnétique tend alors à se laisser entraîner par le mouvement de celle qui est constamment avalée par le pôle opposé. Et ce d'autant plus qu'existe un autre obstacle au mouvement de ce tourbillon particulier : le « tourbillon général », c'est-à-dire l'immense courant du magnétisme terrestre. Puisque celui-ci est, relativement, infiniment plus lent que le tourbillon de l'aimant, il n'aura pas pour effet d'entraîner la matière issue de l'aimant, mais seulement de lui faire obstacle et donc de favoriser son mouvement tourbillonnaire³⁰.

²⁹ *Ibid.*, p. 56.

³⁰ *Ibid.*, p. 56.

En outre les filets de matière magnétique ont beaucoup plus de facilité à se mouvoir dans l'aimant et le fer, structuré comme l'aimant, car leurs pores sont étroites et vides d'air, ce dernier ne pouvant alors pas faire obstacle au courant. Au contraire, à l'extérieur, les filets divergent, s'écartent les uns des autres, du fait de la résistance de l'air³¹.

Quant au fer, Dutour, reprenant les expériences de Dufay³², l'imagine n'avoir comme seule différence avec l'aimant que la rigidité des petits poils qui tapissent ses canaux particuliers, donc moindre pour le fer. De la sorte, le fer peut laisser passer la matière magnétique tantôt depuis l'un de ses pôles, tantôt depuis l'autre, car ses poils se réorientent plus facilement. Ceci explique par exemple que des coups de marteau appliqués sur une barre de fer, puissent induire, changer, ou annuler son aimantation.

Comment, dans ces conditions, l'aimant attire-t-il un autre aimant ? Pour Dutour, tout peut s'expliquer par la seule action de la matière magnétique du tourbillon général, et c'est là l'une de ses originalités³³. Si deux aimants sont approchés par leurs pôles de noms différents, comme sur la Figure 5.2, la matière magnétique de l'aimant de gauche va avoir plus de facilité à se mêler au tourbillon de droite. Ils tendront donc à former un seul tourbillon, car il est plus facile pour la matière magnétique de se diriger vers les pores de l'aimant de droite, ceux-ci ne faisant aucun obstacle à son passage, contrairement au milieu environnant. Or, sur tout aimant pèse la matière magnétique du tourbillon général, « parce que la place [que l'aimant] occupe, il l'usurpe sur elle »³⁴. Quand les aimants sont en présence comme on vient de le dire, les tourbillons de chaque aimant se réorganisent pour former un tourbillon commun, sur lequel s'exerce « la pression de la matière du tourbillon général »³⁵. Ce dernier va ainsi tendre à resserrer le tourbillon commun dans le moindre espace possible, ce qui amène mécaniquement les deux aimants à se rapprocher. Du moins autant que faire se peut, c'est-à-dire tant que les obstacles au mouvement ne soient pas si forts qu'ils ne l'arrêtent : par exemple le frottement de la table sur lequel sont les aimants³⁶.

³¹ *Ibid.*, p. 54.

³² *Cf. infra*.

³³ Dutour n'est pas à l'aise avec l'hypothèse de Hartsoeker, que par ailleurs il admire, selon laquelle c'est la matière subtile qui serait responsable de l'attraction, pouvant pénétrer tous les corps, sauf précisément le fer et l'aimant. En plus d'être une hypothèse *ad hoc*, Dutour note justement que « c'est lui ôter un peu de sa subtilité ». (*Ibid.*, p. 61). *Cf. infra* sur Hartsoeker.

³⁴ *Ibid.* p. 61.

³⁵ *Ibid.* p. 62.

³⁶ *Ibid.* pp. 68-69, Dutour mentionne une autre expérience consistant à approcher un aimant d'une aiguille de fer dont une extrémité est attachée à un fil de soie de trois pieds de long, vertical quand il est au repos, lui-même attaché par son autre extrémité à un support. L'extrémité inférieure de l'aiguille se dirige d'abord vers l'aimant, puis celle-ci se rapproche tout entière, c'est-à-dire que le fil de soie forme un angle avec la direction de la gravité. Cette action a une limite, donnée nous dit Dutour par l'obstacle que constitue cette gravité. L'équilibre s'instaure quand cette dernière devient égale à la pression du tourbillon général

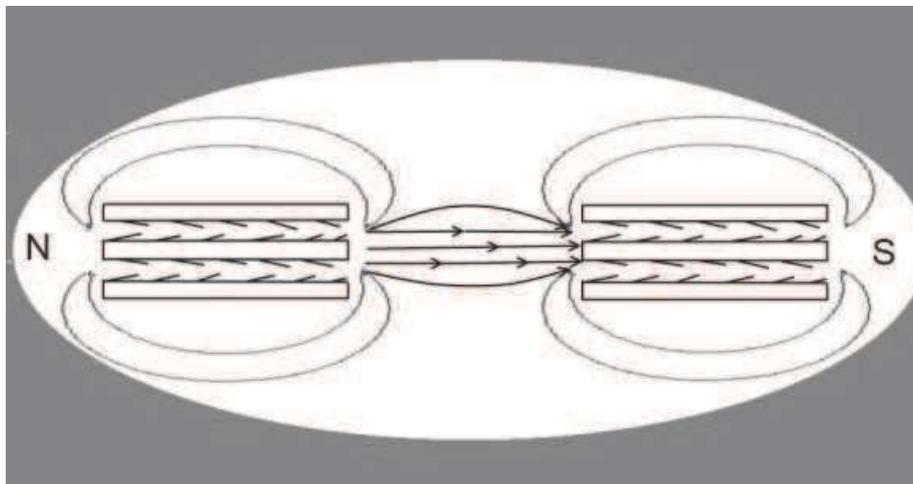


Figure 5.2 (créée par nous sur la base des propos de Dutour) : Deux aimants se rapprochant par leurs pôles de noms différents.

Dutour ne procède pas seulement à une modélisation, il justifie également ses affirmations en produisant des expériences originales compatibles, conduisant à donner à son modèle un caractère de probabilité supérieure. C'est ainsi qu'il examine la réunion des tourbillons, en concluant de ses expériences que

« les tourbillons des deux Aimans ne se confondent parfaitement & en entier, que lorsque les pores ou interstices[...] sont en nombre à peu près égal dans chaque Aimant, & qu'ils correspondent exactement les uns aux autres, se touchant en toutes leurs parties ; & pour cet effet, il est nécessaire que ces poles voisins aient été taillés, & soient bien unis [...] »³⁷

C'est pourquoi lorsqu'il dissémine de la limaille de fer sur deux aimants dont les pôles se touchent pourtant, il observe la persistance de quatre pôles, deux principaux aux deux extrémités du nouvel aimant ainsi formé, et deux mineurs, correspondant aux deux pôles de noms différents se touchant³⁸.

De même, il est curieux de savoir ce qu'il advient lorsque deux aimants³⁹ sont mis en présence non pas sur une table mais dans un bassin d'eau⁴⁰. Le

tendant à minimiser le volume du tourbillon commun entre l'aimant et l'aiguille.

³⁷ *Ibid.*, p. 65.

³⁸ *Ibid.*, pp. 65-66.

³⁹ Plus exactement un aimant et une aiguille de boussole. L'aiguille surnage sur le bassin tandis que l'aimant repose fixement à une distance de 13 pouces de l'aiguille, c'est-à-dire la distance à partir de laquelle cet aimant commence à agir sur la boussole.

⁴⁰ *Ibid.*, pp.71-72.

résultat est conforme à son hypothèse, les deux véhicules se rapprochent jusqu'à se toucher. Mais il prend soin également de mesurer le temps nécessaire au rapprochement des deux objets, pour chaque pouce parcouru. Cette expérience et ses données eurent une diffusion certaine, puisque Lemonnier en mentionne les résultats dans l'article « Aimant » de l'*Encyclopédie*⁴¹. Remarquons aussi que le mémoire de Dutour est mentionné par D'Alembert dans l'article « Magnétisme »⁴².

Enfin pour prouver la responsabilité du tourbillon magnétique dans l'attraction, il mentionne l'expérience selon laquelle un aimant pourra lever un morceau de fer lourd mais bien disposé à s'aimer, et non pas un morceau de fer plus léger mais moins apte à s'aimer.

Dutour procède également à la relation de nombreuses expériences sur la capacité de l'aimant à lever le fer (chapitre III), ce qui lui donne l'occasion de parler de l'armure des aimants, c'est-à-dire des plaques de fer ou d'acier qu'on applique à une pierre d'aimant pour augmenter sa force⁴³. On peut voir le schéma d'une pierre avec armure, noté *fig. 7* dans notre Figure 5.3, reproduction partielle de la première planche de son mémoire. Un objet métallique est disposé sous les deux pieds de l'armure, ainsi qu'une longue tige de fer verticalement sous un seul pied. Dutour expérimente que sans la pièce métallique, la pierre ne peut pas soutenir la tige verticalement⁴⁴. Il exploite le résultat d'autres expériences⁴⁵ montrant que lorsqu'on dispose de

la limaille de fer au-dessus de l'aimant et de la pièce métallique de la *fig. 6* réunis, cette limaille n'est presque pas orientée. Alors qu'une multitude de filets se forment en se réunissant aux deux pieds de l'armure quand la pièce n'est pas présente, voir *fig. 5* dans notre Figure 5.3. Ceci indique, selon Dutour, que les filets de matière magnétique passent dans la pièce métallique, et que c'est le resserrement des filets qui est responsable de la plus grande force ainsi développée.

⁴¹ *Encyclopédie*, art. « Aimant », t. I, p. 216.

⁴² *Encyclopédie*, art. « Magnétisme », t. IX, p. 860. *Encyclopédie*, art. « Magnétisme », t. IX, p. 860.

⁴³ « L'armure d'un aimant taillé en parallépipède rectangle est composée de deux morceaux d'acier ou de fer bien doux en forme d'équerre ; l'acier trempé est plus propre que le fer, parce que ses pores sont plus serrés & en plus grande quantité. Il faut avoir grand soin que les armures embrassent & touchent bien justement les pôles, & qu'elles soient épaisses à proportion de la bonté de l'aimant : car si à un foible aimant on mettoit une forte armure, elle ne feroit point d'effet, parce que la matière magnétique n'auroit pas assez de force pour passer à travers ; de même si l'armure d'une forte pierre étoit trop mince, elle ne pourroit pas contenir toute la matière magnétique qu'elle devoit contenir, & par conséquent ne feroit pas tant d'effet. [...] À l'égard des têtes des armures elles doivent être plus épaisses que le reste & couvrir environ les deux tiers de la longueur de l'axe. » (Bion, *Traité de la construction*, p. 85).

⁴⁴ Dutour, « Essai sur l'aiman... », p. 74.

⁴⁵ *Ibid.* pp. 73-74.

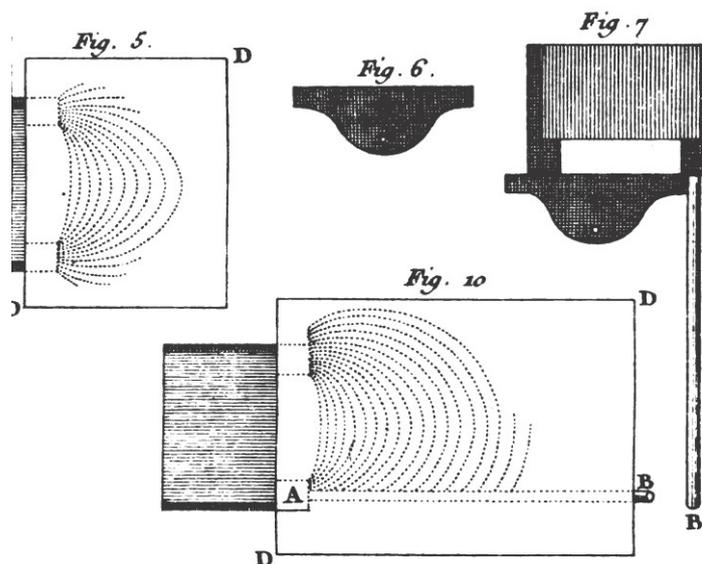


Figure 5.3 : Diverses expériences de Dutour.

Dutour construit alors une autre analogie mécanique pour expliquer la plus grande force des filets serrés : ceux-ci, nous dit-il dans un premier temps, se comportent peu ou prou comme des cordes⁴⁶.

« Les éléments de la matière magnétique, quelque figure qu'on veuille leur supposer, ont entre eux une certaine cohérence, qui les attache les uns aux autres, & les fait résister à une force quelconque, qui tendroit à les séparer. »⁴⁷

Les filets resserrés se soutiennent ainsi mutuellement. Pour qui s'imagine des lignes de matière magnétique constitués d'éléments bien séparés les uns des autres, ou pour qui se représente les phénomènes sur la base d'analogies hydrodynamiques comme les Bernoulli, la représentation des lignes sous forme de cordes peut sembler illégitime, ou confuse. Ressentant sans doute cette gêne, Dutour fit insérer après l'impression de la pièce des corrections figurant à la fin du mémoire où cette analogie et l'expérience des cordes qui l'accompagne sont purement et simplement éliminées, au profit de la mention des expériences de Buffon, et de celles de Duhamel, sur la force du bois⁴⁸. Les filets de matière magnétique ne sont donc pas exactement des cordes, mais des « fibres », nous dit-il, dont la cohérence, la force, est

⁴⁶ *Ibid.*, p. 76.

⁴⁷ *Ibid.*, pp. 75-76.

⁴⁸ *Ibid.*, p. 111.

augmentée par l'entremêlement. La matière magnétique autour des aimants et du fer aimanté se comporte donc, peut-on dire, comme une atmosphère de courants fibreux.

Dans l'expérience de la *fig. 7*, la tige métallique est donc levée grâce à la pièce métallique disposée entre les deux pieds, car alors les filets de matière magnétique très serrés traversent « en passant la partie de ce fer qui est contiguë au pied de l'armure »⁴⁹ et ne se désunissent pas en voyageant à l'intérieur de la tige métallique, comme ce serait le cas si la pièce métallique était absente, *fig. 10*. Il interprète de même une expérience qualifiée de « curieuse »⁵⁰. Disposant sous l'un des pieds de l'armure une pièce d'acier, donc maintenue par aimantation, à laquelle est accroché (par un crochet) un plateau de balance ainsi qu'un grand ciseau, il charge le plateau de quelques poids de cuivre jusqu'à la limite qu'il est possible d'atteindre sans que l'ensemble tombe. Ensuite, décrochant le ciseau et le déposant dans le plateau, le tout tombe immédiatement. Donc la position du ciseau, à proximité des lignes magnétiques dans un cas, ou dans le plateau dans l'autre, est importante. Pour Dutour, qui ne s'attendait d'abord pas à ce résultat⁵¹, il faut concevoir que les filets qui soutiennent la pièce d'acier, soutenant elle-même le plateau, ne sont pas les mêmes filets qui soutiennent le ciseau dans la première position. Dès lors, déplacer les ciseaux dans le plateau revient à faire supporter un poids supplémentaire à des filets qui supportent déjà le maximum dont ils sont capables, et à décharger d'autres filets précédemment utilisés pour porter le ciseau et sans charge dans la nouvelle position. Dutour ne fait pas que l'affirmer, il réalise également une expérience en semant de la limaille de fer, pour visualiser les lignes magnétiques qui sortent de la pièce d'acier suivant la position du ciseau⁵².

Dutour conclut donc que « la force d'un Aiman réside dans les filets de la matière Magnétique, qui tourbillonnent autour, & que cette force est d'autant plus considérable que ces filets sont plus ramassés & plus réunis : l'air, la matière subtile, & mille autres causes étrangères n'y sont pour rien ; la disposition seule du fer qu'on applique à l'Aiman, peut y influencer en quelque chose, en ce qu'il peut être plus ou moins propre à réunir les filets de son tourbillon »⁵³.

Evidemment, cette analogie mécanique a quelque chose de perturbant. Car les deux premiers chapitres donnaient à voir des courants de matière magnétique sur lesquels s'exerce la pression du tourbillon général, laissant entendre (mais sans que Dutour le dise clairement) que la matière magnétique est un fluide, ou en tout cas que l'on peut lui appliquer un

⁴⁹ *Ibid.*, p. 78.

⁵⁰ *Ibid.*, p. 79.

⁵¹ *Ibid.*, p. 80.

⁵² *Ibid.*, p. 80.

⁵³ *Ibid.*, p. 81.

raisonnement de mécanique des fluides. Il faudrait donc imaginer un fluide fibreux, à moins que Dutour pense ces analogies comme équivalentes dans le cas de l'aimant, ou bien encore que l'analogie de la fibre soit plus apte à décrire la vertu du fer à lever le fer, et l'analogie du fluide l'attraction simple. Dans l'état du texte, c'est indécidable. La force de Dutour dans ce mémoire et dans ses recherches en général, ne tient pas à sa capacité à créer des systèmes ou à échafauder des théories, mais plutôt dans son talent à créer des expériences susceptibles de corroborer un système ou de l'infirmer⁵⁴.

Dutour face à ses contemporains : persistance des tourbillons matériels

Comme l'énonce Dufay dès 1728 « ce seroit un travail très-considérable aujourd'hui que de lire seulement tout ce qui a été écrit sur l'aimant »⁵⁵. Nous n'avons donc ici pas de prétention d'exhaustivité, il s'agit simplement de jeter un regard sur l'état de la science au temps de Dutour.

a) La persistance de la figure du tourbillon n'a rien d'étrange

Ce qui frappe en premier lieu le lecteur moderne peu au fait des débats sur le magnétisme au 18^e siècle, réside dans le caractère matériel de l'interprétation de l'action magnétique. Derrière cela, deux aspects : d'une part l'étanchéité de ce domaine à une interprétation immatérielle d'inspiration newtonienne en termes de force à distance, et d'autre part la persistance des tourbillons cartésiens, permis par la conceptualisation en termes de matière. Or, avant même que Dutour n'écrive la première ligne de son mémoire, les tourbillons et le refus de l'action à distance newtonienne sont tombés en désuétude en mécanique céleste. L'expédition de Laponie dirigée par Maupertuis en 1736-37, prouvant la véracité des prédictions du système de Newton au détriment de celui de Descartes, par la mise au jour de la figure de la terre, finit d'enterrer la physique cartésienne déjà mise à mal, sur le continent au moins, dès les années 1720. Or c'est cette physique cartésienne en déroute qui propose également une conception tourbillonnaire du magnétisme : pourquoi donc la persistance, *a priori* étrange, des conceptions de Descartes au sein des recherches sur le magnétisme ?

La première réponse est contenue dans la question même. Les domaines sont différents. Le fait que son modèle cosmologique se révèle en contradiction avec les expériences ne signifie pas pour autant que la figure même du tourbillon doive être écartée de toute physique.

⁵⁴ Cf. à ce propos ses expériences sur l'électricité, analysées au chapitre 6.

⁵⁵ Dufay, « Observations sur quelques expériences de l'aimant », p. 355.

La seconde réponse tient au caractère insaisissable du concept de force à distance. Même en se limitant au cas de l'attraction gravitationnelle, la pertinence mathématique de la description newtonienne des forces n'implique pas qu'elle soit ontologiquement satisfaisante. Certes, dans le même prix de 1746, les Bernoulli utilisent le bel argument selon lequel

« s'il n'y avoit dans le monde que de la matiere & du mouvement, il semble que le monde ne pourroit pas subsister, quelque mouvement qu'on voulût concevoir dans la matiere [...] : il est certain que la matiere qui compose cet Univers, devroit toujours s'écarter, & par conséquent se raréfier de plus en plus, & enfin se dissiper,»⁵⁶

Il est donc possible que « la matiere [soit] douée de cette faculté incompréhensible de s'attirer mutuellement »⁵⁷. Par ailleurs, Voltaire affirme en 1738 que « l'attraction agit sensiblement sur la matière, et devient une qualité palpable, bien loin d'être une qualité occulte »⁵⁸. Mais face à ces arguments, Maupertuis lui-même est d'avis en 1732 que Newton

« n'a jamais regardé l'attraction comme une explication de la pesanteur des corps les uns vers les autres : il a souvent averti qu'il n'employoit ce terme que pour désigner un fait et non point une cause ; qu'il ne l'employoit que pour éviter les systemes & les explications ; qu'il se pouvoit même que cette tendance fût causée par quelque matière subtile qui sortiroit de ces corps, & fût l'effet d'une véritable impulsion [...]. »⁵⁹

Pour Maupertuis, le mathématicien peut traiter des effets sans se prononcer sur les causes⁶⁰, attitude d'autant plus sage que, pour sa part, il ne croit « pas qu'il nous soit permis de remonter aux premières causes, ni de comprendre comment les corps agissent les uns sur les autres. »⁶¹. Dans cette optique, le motif de la force à distance est une simple modélisation, certes commode mais à l'ontologie douteuse, et donc ayant encore moins vocation à se répéter dans d'autres domaines⁶².

⁵⁶ Bernoulli, « Nouveaux principes... », p. 119.

⁵⁷ *Ibid.*, p. 120.

⁵⁸ Voltaire, *Éléments de la philosophie de Newton*, préface, in *Œuvres complètes de Voltaire*, t.V, Paris, Furne, 1835, p. 673.

⁵⁹ Maupertuis, *Discours sur les différentes figures*, pp. 11-12, chapitre II : « Discussion métaphysique sur l'Attraction. » Cette affirmation est évidemment discutable.

⁶⁰ « Tout effet réglé, quoique sa cause soit inconnue, peut être l'objet des Mathématiciens, parce que tout ce qui est susceptible de plus & de moins, est de leur ressort, quelle que soit sa nature ; & l'usage qu'ils en feront, sera tout aussi sûr que celui qu'ils pourroient faire d'objets dont la Nature seroit absolument connue. » Maupertuis, *Discours sur les différentes figures*, p. 12.

⁶¹ *Ibid.*, p. 13

⁶² D'autres sont plus circonspects. Ainsi Musschenbroek affirme dans sa physique expérimentale que pour lui le concept d'attraction désigne une réalité, un fait, mais il ne

La troisième réponse tient à la mathématisation. Le magnétisme en 1746 n'est pas dans un état qui permette la mesure, la quantification et la description mathématique. Remplacer le système des tourbillons par la notion de force à distance évacuerait une grande partie de la recherche d'alors, motivée en arrière-fond par la recherche des causes⁶³. Autrement dit, dans l'état de la science magnétique de l'époque, le système des tourbillons est heuristiquement plus fécond : il donne des représentations mentales qui suggèrent plus d'expériences.

La quatrième réponse tient à une exigence réductionniste assez forte à l'époque, ce qu'exprime très bien les Bernoulli dans leur pièce concurrente :

« [...] comme la Nature n'agit certainement que par des loix générales, on lui feroit grand tort, à mon [*sic*] avis, si on vouloit diversifier le principe de l'attraction pour chaque corps, & y concevoir des loix différentes. Je ne puis donc que rejeter d'abord ce principe dans le cas dont il s'agit, comme n'étant d'aucune utilité pour expliquer la nature de l'Aiman, me persuadant qu'elle ne doit être tirée que de la matiere & du mouvement. »

C'est un idéal fort qui est exprimé ici, constitutif de la physique moderne, la réduction du nombre des principes. Inventer des forces à distance pour tous les phénomènes d'adhésion obscurcirait un tableau général imaginé idéalement simple. Ces phénomènes sont potentiellement nombreux : magnétisme, électricité, adhésions, capillarité, osmose... Faut-il prétendre pour chacun une nouvelle force à distance ? La gravité, jusqu'à preuve du contraire, doit être la seule qui puisse être interprétée ainsi, et encore.

Les savants de l'époque ont donc d'excellentes raisons de rejeter la notion de force magnétique à distance. Ceci montre, en creux, que pour bien des auteurs, parler de force à distance n'est pas une explication profonde des choses, mais presque une tautologie, un concept derrière lequel se cache finalement la méconnaissance des vrais causes, matérielles : en somme, la persistance du caractère de réalité supérieure attribué à la figure, à la particule, et à l'étendue. On ne croit comprendre que ce qu'on voit, que ce qui se touche, que ce qui est corporel⁶⁴.

prétend pas savoir de quelle manière on peut concevoir une telle force à distance : « Nous ne saurions pénétrer dans aucun des secrets de la Nature », et « Il faut avouer que nos connoissances sont infiniment plus bornées, que nous ne voudrions nous l'imaginer. » (Musschenbroek, *Essai de physique*, Tome 1, p. XVII). Pour autant il n'approuve pas les philosophes ayant abandonné la recherche des causes, et cite en exemple les chimistes (« anatomistes des corps ») dans le cas desquels aucun système, aucune mathématique n'aurait pu se substituer à l'expérience. (Ibid. pp. XX-XXI).

⁶³ Cf. note précédente.

⁶⁴ Mais est-il vraiment plus raisonnable de supposer l'existence à la fois de la matière subtile qu'est l'éther, d'une matière magnétique, et d'une matière électrique ? On sait qu'on imaginera plus tard aussi une matière calorique.

b) Le large consensus sur l'existence de la matière magnétique et la résistance de Musschenbroek

Retraçons brièvement l'origine de la notion de matière magnétique et celle conjointe de tourbillon magnétique, que Dutour utilise. On l'a dit, Descartes la propose en premier. À de notables différences près. Pour Descartes, les particules de matière magnétique ont une figure précise, en forme de petites vis, en quelque sorte. Les aimants et le fer sont pourvus de petits canaux, les méats, dans lesquels les particules peuvent s'introduire, et sont condamnées à les traverser dans un sens déterminé par la figure interne de ces canaux, puisque ceux-ci sont striés. Les particules sont ensuite chassées et forment des tourbillons du fait des chocs avec l'air environnant ; souvenons-nous que Descartes n'admet pas le vide. Par ailleurs, Descartes imagine deux courants de matière magnétique, et non un seul, afin d'expliquer notamment que les aiguilles aimantées puissent se diriger vers le nord sans y être pour autant attirées. Les deux courants assurent l'équilibre (Figure 5.4).

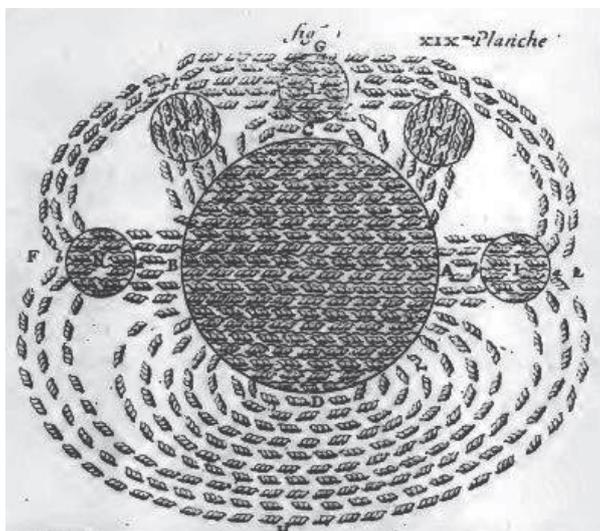


Figure 5.4 : Les « parties cannelées » magnétiques circulant autour de la Terre. (*Œuvres de Descartes*, t. IX, planche XIX, fig.1.).

Huygens passe auprès des contemporains de Dutour pour celui à qui l'on doit la simplification du système de Descartes réduit à un seul courant. De plus Dufay est, avant Dutour, le scientifique ayant le plus contribué à l'étude du magnétisme et à la pérennité du concept de tourbillon de matière

magnétique. Dutour ne fait que s'inscrire dans le consensus autour de l'existence de la matière magnétique, dont on s'accorde à penser d'une part qu'elle pénètre dans les pores de l'aimant, du fer et de l'acier, avec une grande facilité, et d'autre part qu'elle forme un courant unique, entrant par un pôle et ressortant par un autre, de manière cyclique c'est-à-dire en tourbillons.

Pourtant il existe de notables exceptions. Sans remettre en cause l'existence de la matière magnétique, Le Monnier estime en 1733 que celle-ci ne traverse pas le fer, tout au contraire⁶⁵. Dans l'expérience classique de la limaille de fer dispersée, remplaçant la feuille de papier par une tôle, il constate naturellement que les lignes de limaille ne se forment pas. Ce qu'il interprète par l'imperméabilité du fer à la matière magnétique, l'exact opposé du système classique. Et si un aimant muni d'une armure de fer est plus fort avec que sans, c'est selon lui parce que l'armure permet de contenir la dispersion de la matière magnétique. Alors, dans l'expérience classique de la limaille, les véritables routes de la matière magnétique ne sont pas l'intérieur des particules de fer, mais au contraire les vides entre les lignes de limaille. Le Monnier va encore plus loin en remettant en question le tourbillon même, sur la base d'expériences montrant la persistance de quatre pôles magnétiques lors de la réunion de deux aimants, alors qu'ils devraient se fondre en deux si les tourbillons se confondaient comme le prédit la théorie. Dans la même veine, il montre qu'une aiguille de boussole peut se magnétiser de manière opposée si on l'aimante en la faisant couler sous la pierre tout en la faisant dans un cas frotter sur les deux boutons d'une armure, et dans l'autre cas en la tenant éloignée de deux ou trois lignes. Phénomène incompréhensible dans la théorie des tourbillons⁶⁶.

Mais la charge la plus violente contre le système des tourbillons de matière magnétique, dans toutes ses variantes, est portée par l'un des grands maîtres de la physique expérimentale : Musschenbroek. Dans son *Essai de Physique*, il s'agace de ce consensus qu'il juge creux : « En effet, se contenter de dire qu'il doit y avoir là des écoulemens, & que la chose ne peut être autrement⁶⁷, c'est ce que les Personnes sages regarderont comme inconsidéré, vain & téméraire. Comment savent-ils ce qu'il peut y avoir, ou ce qu'il n'y a pas ? »⁶⁸ Pour lui, deux causes sont à l'origine de l'adoption

⁶⁵ *HMARS* 1733, H, p. 13-16.

⁶⁶ Réaumur, sans remettre en question le noyau de la théorie des tourbillons, estime plus correct en 1723 de supposer que le fer renferme en lui une infinité de petits tourbillons munis donc de pôles placés aléatoirement. L'aimantation du fer dans cette idée est interprétée comme la libération de la matière magnétique de ces tourbillons, et leur réorganisation. (*HMARS* 1723, H, p. 1-7 et M, p. 81sq.).

⁶⁷ Affirmation que l'on trouve en effet à l'envi dans presque tous les mémoires consacrés au magnétisme dans les *HMARS*.

⁶⁸ Musschenbroek, *Essai de Physique*, p. 317. Et il poursuit : « J'ai aussi entendu dire à certaines gens d'un esprit un peu trop prompt, qu'il étoit impossible, que les raions de lumière

par presque tout le monde du système des écoulements tourbillonnaires : 1° le poids de Descartes et de son explication ingénieuse des phénomènes de l'aimant, 2° le préjugé, cartésien encore, « qu'un Corps n'en peut mouvoir un autre, sans le toucher & sans être en mouvement »⁶⁹. Mais quantités d'expériences mettent en doute la véracité de ce système. Ainsi cite-t-il une pierre d'aimant cubique, aux six faces attractives : où donc se fait la circulation tourbillonnaire ? Si on conçoit, comme le philosophe de Leyde, que l'attraction et la répulsion magnétique, si elles sont dues à une matière, passent par le choc de ces particules contre les corps, on aboutit à des contradictions qu'il souligne. En effet, on peut obtenir un acier moins poreux que le fer, si on recouvre ce dernier d'huile et de sel, en transformant ensuite ce fer en acier. Les impuretés bouchent une partie des pores. Alors, la résistance aux particules de matière magnétique sera augmentée si on présente un aimant et donc, puisque l'aimant est censé créer un tourbillon ramenant à lui les particules qu'il émet, l'acier devrait dans ces conditions être plus fortement attiré que le fer. Or, les expériences montrent le contraire⁷⁰. Par ailleurs, Musschenbroek cite ses expériences démontrant que l'interposition d'une lourde masse de plomb entre un aimant et du fer ne change rien à sa vertu attractive. Selon son interprétation, la densité du plomb rend douteuse son imperméabilité aux écoulements, et devrait donc dans ce cas subir l'attraction.

On peut cependant retourner l'argument, et dire, comme Dutour, et Dufay ou Descartes avant lui, que ce qui crée la vertu, ce n'est pas la résistance aux particules, mais bien le libre passage de ces particules. Mais surgit aussitôt la difficulté contraire, puisqu'il faut alors expliquer que ces particules ne créent aucune pression sur les autres corps que le fer et l'acier. Et dans cette interprétation, la dernière expérience citée garde son mystère, puisque la matière magnétique traverse alors librement le plomb, ce qui en toute logique devrait conduire à son attraction.

Musschenbroek remplit ainsi cinq pages d'arguments pénétrants sur les réelles difficultés d'un système magnétique tourbillonnaire et matériel, qui l'amènent à conclure à l'indécidabilité des causes des effets observés du magnétisme, se bornant à suggérer la différence essentielle entre vertu magnétique, électrique et gravitationnelle que certains tâchaient d'unifier⁷¹. Ce en quoi il rejoint l'attitude pragmatique de D'Alembert qui dans son laconique article « Magnétisme » vingt ans plus tard, ne veut pas prendre parti « car nous avouons franchement que nous ne voyons rien d'assez établi

qui viennent du Soleil, fussent composés de divers petits rayons colorés, dont chacun eût une couleur immuable. » (*Ibid.*)

⁶⁹ *Ibid.*, p. 317.

⁷⁰ *Ibid.*, p. 317.

⁷¹ *Ibid.*, p. 319. Ce sera d'ailleurs l'ambition d'Euler, tel qu'il l'exprime un peu dans sa pièce de 1746 (E109), et dans les *Lettres à une princesse d'Allemagne* (*Opera Omnia*, III, 10, 2004, p. LXXV).

sur ce sujet pour nous décider »... ce qui ne l'empêche pas de conclure que « les phénomènes de l'aimant sont vraisemblablement produits par une matière différente de l'air ; [...] mais nous ignorons absolument la manière dont cette machine agit ». ⁷² C'est dans le *vraisemblablement* qu'il faut rechercher toute la subtilité...

c) Hartsoeker et Dufay, influences décisives sur les théories de Dutour

Comme on vient de le dire, ce n'est pas par le choc de la matière magnétique contre les surfaces des objets que Dutour explique les phénomènes de l'aimant, mais par le libre passage de cette matière magnétique au travers de canaux possédés seulement par le fer, l'acier et les pierres d'aimant. Comme on l'a noté, les conceptions de Dutour sont intrinsèquement hydrodynamiques, même si le terme est un peu trop ambitieux pour les notions effectivement développées. Plus simplement, la matière magnétique est interprétée comme un fluide, de même nature que l'eau ou l'air. Ceci, Dutour le prend vraisemblablement chez Hartsoeker, auteur dont la réputation sulfureuse explique peut-être la diffusion relative de ses oeuvres. ⁷³ Non que ce dernier en soit l'inventeur, mais Dutour n'a de cesse dans son mémoire de citer cet auteur, qu'il a lu avec attention, ce pourquoi il est très possible qu'il lui ait servi de base pour penser les phénomènes de l'aimant. Hartsoeker présente en outre quantités d'expériences qui ont pu être autant d'occasions pour Dutour d'exercer sa sagacité expérimentale.

⁷² *Encyclopédie*, art. «Magnétisme», t. IX, p. 860.

⁷³ Nicolaas Hartsoeker (Gouda, 1656, Utrecht, 1725), physicien et anatomiste néerlandais, souffre selon Fontenelle d'un « fonds critique, naturellement chagrin et malfaisant » et dont « on sent dans ses critiques plus de plaisir, que de besoin de critiquer », même s'il lui reconnaît d'autre qualités (Fontenelle, « Eloge de M. Hartsoeker », (avant dernier paragraphe de l'éloge). Hartsoeker quant à lui se plaint au même Fontenelle que ses ouvrages ne soient jamais présentés dans les assemblées, allant jusqu'à supposer qu'« on les a peut être jettés au feu. Voilà, Monsieur, ce que j'appelle traiter un Auteur avec mépris en le laissant pourrir dans l'obscurité. » (Lettre de M. Hartsoeker à M. de Fontenelle (sans date), in *Ibid* (non paginé). L'ouvrage (posthume) des *Cours de physique*, s'ouvre sur une préface d'un auteur non identifié dont la mission est de redorer le blason du physicien hollandais. Cette préface est un bijou pour qui s'intéresse à la sociabilité savante au début du 18^e siècle. Hartsoeker dérange puisqu'il semble avoir eu des mots acerbes envers tout le monde, et principalement envers les scientifiques plus en vue. Il « conseille » même ironiquement à cet autre bouillant personnage qu'est Parent de ne jamais mettre en pratique sa théorie de la meule hyperbolique de 1702 sous peine d'y perdre ses peines et son argent (*Ibid*. n.p.). À Fontenelle, qui est obligé de lui rappeler l'art. 26 du règlement de 1699 (*Ibid*, première page) selon lequel les membres de l'Académie doivent s'abstenir de toute invective, Hartsoeker cite les diverses marques de mépris dont il est l'objet de la part de certains académiciens, et revendique la nécessité de la critique.

Dans son très clair *Cours de Physique* Hartsoeker mentionne, dès le début du chapitre V, consacré aux phénomènes de l'aimant, cette « matière magnétique, qu'on peut comparer à de l'eau ou à de l'air⁷⁴ ». C'est plus qu'une simple comparaison, puisqu'il reprend cette notion tout au long de son chapitre, par exemple en assimilant explicitement le phénomène d'attraction magnétique avec le rapprochement d'un piston dans le cas d'une pompe (Figure 5.5). Or si dans ce dernier cas, le mouvement est entièrement à mettre au crédit de la différence de pression de l'air, il faut ici mettre en jeu la matière magnétique et une matière subtile « quelle qu'elle soit ». En effet, la circulation de la matière magnétique dans le cas de l'attraction d'un fer CD par un aimant AB, entraîne une différence de pression de matière subtile entre la face D et la face C. Pour Hartsoeker, les canaux internes du fer par où passe la matière magnétique interdisant la circulation de la matière subtile (voir *infra*), celle-ci va pousser sur la face D, plus que sur la face C. Implicitement, il semble donc que le fait que la matière magnétique soit divergée aussi par les faces adjacentes, mais qu'elle entre toute par la face C, implique que la matière subtile qui baigne l'univers, va peser plus sur la face D que sur la C. Cette différence de pression entraîne le rapprochement, c'est-à-dire l'attraction. Il est clair que Hartsoeker considère implicitement que la matière magnétique interagit avec la matière subtile, puisqu'elle semble « prendre sa place » à gauche de la face C. Inversement, dit cet auteur, les objets non ferriques ne sont pas soumis au magnétisme, car la matière subtile pénètre tous les autres corps. De la sorte, si CD était un morceau de bois, les pressions s'égaliseraient en permanence.

Dutour reprend donc à son compte cette description du magnétisme en termes de mécanique des fluides, mais la simplifie en ne supposant que la seule matière magnétique, ce qui constitue une nouveauté.

On trouve chez Dutour comme chez Hartsoeker l'idée que les particules magnétiques pénètrent seulement le fer, l'acier et l'aimant. Mais sur ce point, il va suivre le mécanisme de Dufay, non pas celui du savant hollandais. Ce dernier considère en effet que la matière magnétique circule dans des éléments privilégiés, qu'il appelle corps magnétiques, qui sont de petits éléments oblongs. Dans une lame d'acier, par exemple, tous ces éléments sont dans un ordre aléatoire, mais ils vont s'orienter dans une direction privilégiée en présence d'un aimant, le courant les orientant comme des girouettes (Figure 5.6). Quand la première cause d'aimantation disparaît, l'aimantation induite peut cependant se poursuivre grâce au passage qu'offrent désormais les corps oblongs orientés. Dans l'acier, ces girouettes sont plus difficiles à tourner que dans le fer, ainsi l'aimantation perdure plus longtemps, alors que le fer peut la perdre ou la gagner facilement par un ou plusieurs coups répétés, par exemple. Il cite alors l'expérience, dont il n'est

⁷⁴ Hartsoeker, p. 191.

pas l'auteur⁷⁵, d'un tube de limaille de fer que l'on secoue après avoir aimanté. L'aimantation disparaît alors, suggérant que l'aimantation est due à une disposition interne du fer ou de l'aimant.

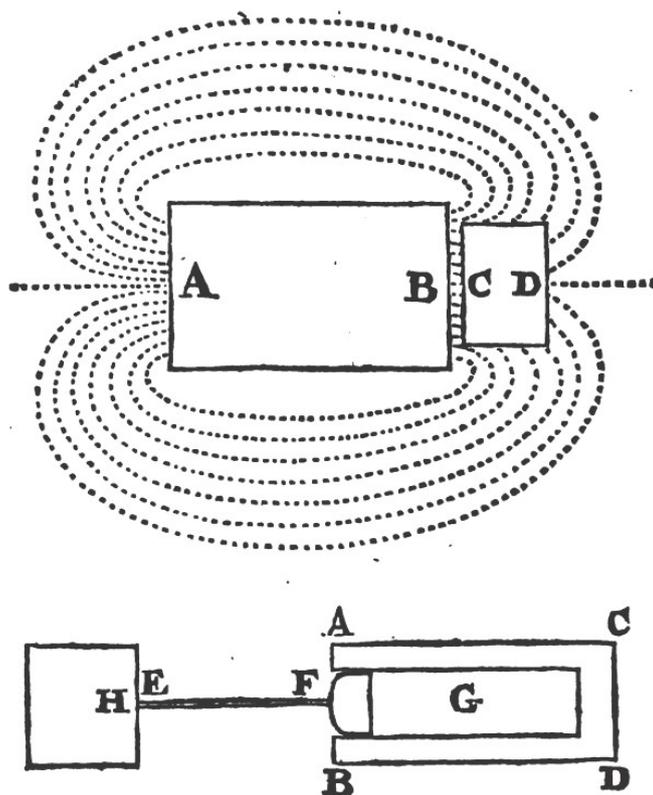


Figure 5.5 : Pour Hartsoeker, l'attraction de l'aimant se fait suivant des principes similaires au mouvement du piston, mais mettant en jeu une matière magnétique et une matière subtile (figures, juxtaposées pour les besoins de cet article, de la page 193 de son *Cours de Physique*).

⁷⁵ Il semble que Dufay en soit l'auteur.

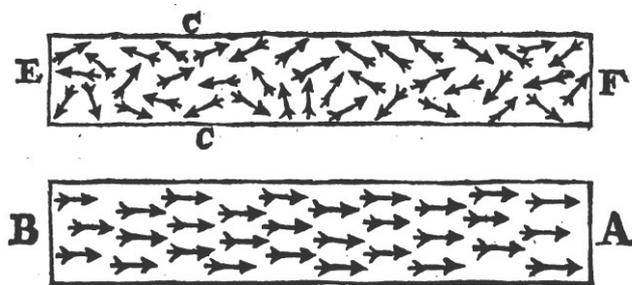


Figure 5.6 : Selon Hartsoeker, une lame d'acier contient des corps oblongs s'orientant sous l'effet d'un torrent de matière magnétique, et permettant ensuite la conservation de l'aimantation par le passage continu que ces corps offrent aux particules magnétiques. Ici Hartsoeker propose de le visualiser avec des aiguilles de fer, posées sur une plaque de cuivre, sous laquelle on disposerait un aimant (*Cours de physique*, p. 201).

Cependant Hartsoeker n'est pas clair sur ce qui empêche à la matière magnétique de rebrousser chemin par le même pôle qu'il est sorti, avouant son ignorance : « soit que cela arrive, parcequ'il y a quelque chose dans les canaux de ces corps, qui empêche la matière magnétique d'y circuler à contre sens, soit que cela arrive par quelque autre cause »⁷⁶.

C'est sans doute cette indétermination qui incite Dutour à ne pas suivre le système des corps oblongs pour préférer l'hypothèse de Dufay des canaux munis de poils raides à l'intérieur des corps aimantés ou susceptibles de l'être⁷⁷. Cette idée n'est pas neuve, puisqu'elle est directement inspirée, encore une fois, du système de Descartes, Dufay l'avoue sans détours⁷⁸. Il faut préciser que Dufay apporte une expérience décisive à laquelle sera sensible Dutour. Il s'agit de l'expérience de la barre métallique, qui

⁷⁶ Hartsoeker, *Cours de physique*, p. 201.

⁷⁷ *HMARS* 1728, *M*, p. 355 sq ; *HMARS* 1730, *M*, p. 142. Cf. supra l'hypothèse de Dutour, qui reprend trait pour trait les propos de Dufay.

⁷⁸ *HMARS* 1728, *M*, p. 362. Chez Descartes cependant, cette hypothèse est insérée dans tout son système. Cf. Descartes, *Œuvres de Descartes*, t.IX, *op.cit.*, p. 163 (§106, pp. 218-219 de l'édition originale) : « [...] les parties canelées qui viennent d'A, peuuent aysement entrer par efg, & sortir par... edg ; mais non point retourner par edg, ny sortir par efg. Dont la raison est que, cette tache n'ayant esté composée que des parties du premier élément, qui estant très-petites, & ayant des figures fort irregulieres, se font jointes les vnes aux autres, ainsi que plusieurs petites branches d'arbres entassées toutes ensemble, les parties canelées qui sont venues d'A par f vers d, ont deu plier & faire pencher d'f vers d toutes les extremitez de ces petites branches qu'elles ont rencontrées en passant par les pores qu'elles se sont formez. De forte que, si elles repassoient de d vers f par ces mesmes pores, elles rencontreroient à contre sens les extremitez de ces petites branches qu'elles ont ainsi pliées, & en les redressant quelque peu, se boucheroient le passage. En mesme façon les parties canelées qui viennent du pôle B, se sont formé d'autres pores en cette tache defg, l'entrée desquels est en la moitié de cette tache edg, & la sortie en l'autre moitié efg. »

s'aimante lorsqu'on la dispose en position verticale, ou du moins qu'une des extrémités est plus haute que l'autre⁷⁹.

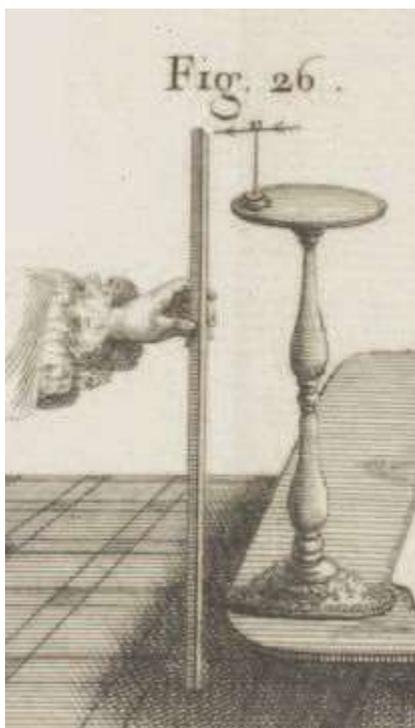


Figure 5.7 : Expérience de la barre de fer mise en position verticale, s'aimantant par sa simple position (Schéma tiré de Nollet, *Leçons de physique expérimentale*, tome 6, 1764, planche 5, Fig. 26).

Dans cette situation, l'extrémité supérieure de la barre va attirer le côté de la boussole qui se dirige vers le nord magnétique⁸⁰. Si on pivote, soudainement ou non, la barre de 180°, la nouvelle extrémité attirera encore le côté de la boussole qui se dirige vers le nord (Figure 5.7). Pour Dufay, c'est l'existence de petits poils raides qui explique ce phénomène. En retournant la barre, les poils du fer, plus mobiles que ceux de l'acier ou de l'aimant, pivotent sur leur base, afin de se retrouver la tête en bas (cf.

⁷⁹ *HMARS* 1728, *M*, pp. 356 sq.

⁸⁰ Qu'on appelle à l'époque pôle austral (pôle sud) par opposition au pôle boréal ou septentrional. Dufay trouve plus clair de ne plus l'appeler ainsi, mais de ne le nommer que par rapport au pôle terrestre qu'il indique (*HMARS* 1730, *H*, p. 2). De nos jours, on qualifie de pôle nord le pôle de la boussole qui s'oriente vers le nord, mais on conçoit que dans cette représentation, le pôle nord terrestre est en fait un pôle sud magnétique.

Figure 5.1). La matière magnétique est donc contrainte d'entrer par l'extrémité supérieure et de sortir par l'inférieure. Le côté de la boussole qui se dirige au nord (donc le pôle sud ou boréal de cette boussole) fournit donc cette matière. L'extrémité supérieure de la barre est donc un pôle nord. En conséquence, la matière magnétique entre par le pôle nord de la Terre, traverse ses entrailles, et est recrachée par le pôle sud, entamant un mouvement de retour vers le précédent pôle. Les pôles des aimants se comportent de la même manière, il faut simplement prendre garde à la dénomination des pôles. Voici de quelle manière Dufay pense avoir prouvé l'existence d'un seul courant dans les aimants et la Terre⁸¹.

Il interprète de même l'expérience des pincettes et autres instruments de fer qui, laissés verticalement se magnétisent, et réussit à démêler le rôle de la chaleur dans ce processus, dont on avait déjà perçu le lien avec la (dés)aimantation. La célèbre observation de la croix du clocher de Chartres⁸², dont on constata la magnétisation après l'avoir descendue, est semblablement expliquée⁸³.

En 1730, il prend soin de préciser que la matière magnétique se déplace beaucoup plus facilement dans les canaux décrits, que dans le reste de l'environnement⁸⁴, et que la pesanteur des petits poils raides ne peut pas être regardée comme nulle car l'air ne peut pas s'introduire dans les canaux⁸⁵. Il répond ensuite à plusieurs difficultés de son système. Notamment pourquoi une boussole sur l'eau n'est qu'orientée, et pas entraînée dans la direction du courant, c'est-à-dire vers le nord ? C'est qu'il faudrait que « la matière trouvât plus de résistance à pénétrer les pores de l'aiguille, que l'aiguille même n'en trouve à vaincre le frottement des parties de l'eau ». Mais la matière n'a pas de résistance à l'intérieur de l'aiguille, ou très peu, et ne l'entraîne donc pas. De même, la matière n'agit pas sur les parties extérieures de l'aiguille, ni d'aucun autre objet⁸⁶. De la sorte saute l'objection⁸⁷ de savoir pourquoi des aiguilles de cuivre par exemple, ne se dirigent pas dans le flux de matière⁸⁸. Les arguments en faveur des poils

⁸¹ *Ibid.*, pp. 368-369.

⁸² Le Lorrain de Vallemont, *Description de l'aimant*.

⁸³ *Ibid.*, p. 360.

⁸⁴ *HMARS* 1730, H, p. 2.

⁸⁵ *Ibid.*, M, p. 142.

⁸⁶ *Ibid.*, p. 149.

⁸⁷ Que Nollet citera (Nollet, *Leçons de physique*, t.6, pp. 217-218). Il ajoute cependant d'autres difficultés : si l'aiguille s'oriente sur le flux de matière, alors si on la place en direction est-ouest, elle devrait rester en place, équilibrée en toutes ses parties (Ibid. p. 216).

⁸⁸ En l'occurrence, Dufay répond à une objection de M. de Créquy, qui imagine une aiguille composée pour une moitié de cuivre, et pour son autre moitié d'acier. La pointe d'acier est aimantée de sorte qu'elle se dirige au sud. Créquy compare cette aiguille à une girouette dans le vent : si la matière magnétique vient du sud, cette aiguille ne peut pas s'orienter vers le sud. Le courant unique est donc un leurre. Dufay répond comme on vient de le voir que l'air agit sur l'extérieur de la girouette pour la maintenir en équilibre, mais que la matière magnétique

raides et du courant unique sont très bien pensés, Dufay concluant même que son mémoire est une démonstration, si toutefois on pouvait utiliser ce terme en physique⁸⁹. Ceci ne manquera pas de faire effet sur Dutour, qui cite abondamment ces deux mémoires dans sa pièce, utilisant l'hypothèse des poils et celle de la moindre résistance interne.

Nous aurions voulu ici dire un mot de Nollet. Mais il est difficile de savoir si, dans le domaine du magnétisme, Dutour lui doit quelque chose. *Les leçons de physique* de Nollet contiennent bien un chapitre (19, dans le volume 6 sur le magnétisme) ; mais on y trouve surtout des expériences, et les pages dédiées aux causes du magnétisme exposent surtout les difficultés des systèmes construits autour d'une matière magnétique, même si Nollet lui-même est favorable à l'existence de cette matière⁹⁰. La première édition du volume 6 des *Leçons* est postérieure à la pièce de Dutour (1748) ; Nollet ne fait que citer Dutour, *in extremis*, par un simple renvoi au prix de 1746, sans exposer aucune de ses vues⁹¹.

De ce tour d'horizon rapide de l'environnement intellectuel de Dutour, que conclure de l'originalité de ses vues - si on exclut bien entendu les pièces des autres concurrents, que Dutour ne peut pas connaître ? Cette originalité est réelle, et réside en quatre points. D'une part le choix de ne se fonder que sur la matière magnétique, en enlevant tout rôle essentiel à la matière subtile ; deuxièmement, la modélisation fibrée, un point tout à fait original ; troisièmement, une tentative d'explication de la pérennité des tourbillons par l'hypothèse de la contraction périodique des canaux⁹² ; enfin, et surtout, la diversité, l'originalité et la méticulosité de ses expériences, auquel D'Alembert lui-même fut sensible⁹³.

d) Les pièces concurrentes

Un mot à présent des pièces concurrentes, à savoir celle de Daniel et Jean II Bernoulli, et celle d'Euler. La comparaison éclaire en ce qu'elle rend sensible la communauté de pensée dans laquelle on se trouve alors.

Tout comme Dutour, les Bernoulli utilisent un cartésianisme dépouillé⁹⁴. La même idée de matière magnétique, pénétrant librement certains corps et

agit sur et seulement sur l'intérieur.

⁸⁹ *HMARS* 1730, M, p. 157.

⁹⁰ Nollet, *Leçons de physique*, t.6, pp. 211-233.

⁹¹ *Ibid.*, p. 233.

⁹² Apport mineur certes, mais beaucoup d'autres ne prennent même pas la peine de citer, et donc encore moins de résoudre, ce problème.

⁹³ *Encyclopédie*, art. « Magnétisme. ».

⁹⁴ Bernoulli, « Nouveaux principes ». Pour une analyse précise du mémoire, on se reportera à *Die werke von Daniel Bernoulli*, vol. 7 : *magnetism and technology*, p. 33-59.

non d'autres, le même tourbillon autour de l'aimant formé par le choc avec l'océan de matière magnétique à faible vitesse autour des aimants, la même assimilation à un fluide. Ici, les Bernoulli conçoivent un aimant composé de fibres sous tension au travers desquelles passe un fluide magnétique élastique, ce qui leur permet de réemployer les travaux de Daniel en hydrodynamique et cordes vibrantes. On sait que Daniel Bernoulli fonde une partie de sa physique sur une conception fondamentalement élastique de la matière⁹⁵.

Ils expliquent ainsi l'entretien du mouvement du fluide magnétique en concevant l'aimant « comme composé de fibres tendues, élastiques & parallèles, agitées continuellement d'un mouvement très-rapide, réciproque et ondoyant. »⁹⁶. Ceci lui (leur) permet d'évacuer l'ennuyeuse hypothèse des canaux, dont on a toujours du mal à imaginer qu'ils existent uniquement dans le fer et l'aimant, et qui était aussi le sens de l'hypothèse de Hartsoeker. Pour les Bernoulli, le mouvement des fibres du fer laisse « entre elles des intervalles ou des cavités, que je suppose remplies du fluide Magnétique »⁹⁷.

⁹⁵ Une élasticité universelle d'ailleurs refusée par D'Alembert qui, lui, croit aux corps durs et ne conçoit les corps élastiques que comme des corps durs munis de ressorts. Sur la conception chez D'Alembert des forces vives et les liens entre celle-ci et sa conception de l'élasticité des corps durs, voir. Hankins, *Jean D'Alembert: Science and the enlightenment*, New York, Philadelphia, London, Gordon and Breach, cop. 1990: pp. 204-214. Pour D'Alembert, si la conservation de la force a toujours lieu pour les corps élastiques, elle est en revanche limitée, lorsqu'il s'agit des corps durs, au cas où ceux-ci agissent les uns sur les autres de façon continue, sans qu'il y ait choc : *Encyclopédie*, VII, 1757: p. 115, art. « Force ». Jean I Bernoulli, dont les conceptions ont fortement influencées Daniel, conçoit que les corps durs sont des corps élastiques pourvus d'un ressort infini, à la manière d'un « *balon rempli d'air infiniment condensé* » (Lettre de Jean Bernoulli à Dortous de Mairan du 15/06/1724, citée in Ismael Youssouf, *Les phénomènes de choc*, pp. 77-78) et souhaite réduire tous les mouvements à ceux provoqués par la force élastique, jusqu'à faire un parallèle entre le rôle de la force élastique et celui de la pesanteur : « On peut donc considérer la chute & l'accélération d'un poids, comme étant causée par l'effort d'une matière élastique, qui étendue verticalement à l'infini, presseroit les corps de haut en bas, & les feroit descendre selon la loi connue de l'accélération. » (Bernoulli, Jean, *Discours sur les lois de la communication du mouvement*, p. 48 (chap. VII, corollaire V).) Tout comme la pesanteur produit de la force vive, la force élastique en produit également. C'est cette même conception qui se retrouve à l'identique chez Daniel Bernoulli, lorsqu'il énonce dans la section X de *l'Hydrodynamica* : « Il doit être noté ici par avance que tout comme la descente d'un corps donné d'une hauteur donnée, de quelque manière qu'elle survienne, produit constamment la même force vive dans le corps, de même un corps élastique ou un fluide élastique, après avoir réduit son degré de tension ou de compression à un degré donné de quelque manière que ce soit, conserve en lui-même la même force vive et peut de nouveau la communiquer à d'autres corps par un échange opposé. » (*Die Werke von Daniel Bernoulli, Band 5, Hydrodynamik II*, p. 343 (sect. X, § 39). Daniel Bernoulli utilise encore ce modèle d'élasticité universelle de la matière dans une pièce de 1753, quand il modélise les esprits animaux, responsables de l'action des muscles, comme de petits ressorts bandés dont la libération produit le mouvement (Fonteneau et Viard, « Travail, force vive et fatigue ».

⁹⁶ Bernoulli, « Nouveaux principes... », p. 217.

⁹⁷ *Ibid.*

Dès lors que le fluide est entré il peut, en suivant les contractions des parties des fibres, être recraché à l'autre extrémité, si toutefois un mécanisme assure l'unidirection. Il n'a alors d'autre choix que de supposer les fibres ou velues ou couvertes de soupapes, et n'hésite pas pour appuyer son propos à argumenter que cela existe dans l'économie animale⁹⁸, ce qui donne un côté vitaliste à son mémoire. En outre, il entend que ces fibres ne sont pas étendues d'un bout à l'autre des corps⁹⁹ mais sont comme de petites parties en tous sens, le fluide coulant entre celles qui sont les mieux disposées à lui laisser le passage. Ceci autorise les mêmes auteurs à réintroduire le double courant¹⁰⁰ car il n'y a aucune raison que des fibres n'aient pas les soupapes en sens inverse des autres.

Ils utiliseront ensuite cette même idée d'élasticité pour expliquer le maintien du tourbillon, à l'élasticité inférieure car pressé par l'océan de matière magnétique. L'attraction et la répulsion des aimants sont expliquées par deux courants de matière et par la combinaison des poils ou soupapes de certaines fibres, et une condition de même fréquence d'oscillation entre fibres pour assurer le passage de la matière d'aimant à aimant¹⁰¹.

Enfin, les auteurs s'adonnent à quelques mesures qu'ils ne détaillent pas, mais dont ils affirment que, malgré la difficulté, on peut y voir une décroissance, selon approximativement le carré non des distances entre les aimants mais de « certains points P & p, pris au-dedans des corps qui s'attirent, & qu'on peut appeler en quelque façon, centres de forces »¹⁰².

Quant aux expériences, elles sont assez peu nombreuses et les auteurs ne les donnent qu'à titre d'exemples. La déclinaison et l'inclinaison ne sont pas du tout traitées.

On voit donc que certaines questions et certains éléments sont communs : la matière magnétique, la recherche d'une cause de la pérennité du mouvement, et les scories d'un cartésianisme magnétique très répandu ; mais tout cela enchâssé dans un système un peu différent, très peu expérimental, porté à la cohérence globale et basé sur l'élasticité. Les auteurs se comportent surtout en bâtisseurs de système, tâchant de réduire le phénomène du magnétisme à leurs conceptions générales de la matière.

On retrouve ce côté systémique dans le mémoire d'Euler¹⁰³, très préoccupé de sa grande ambition d'unification entre gravité, magnétisme, électricité et optique, comme effets de l'éther universel¹⁰⁴. Conformément à

⁹⁸ *Ibid.*, p. 128.

⁹⁹ *Ibid.*, p. 134.

¹⁰⁰ *Ibid.*, p. 130.

¹⁰¹ *Ibid.*, p. 141. Le système tombe toutefois dans une contradiction, puisque deux pôles de différents noms voient leur fibre être en agitation harmonieuse, tandis que des pôles de noms différents n'ont pas d'agitation harmonieuse, et ce alors même qu'existe un double courant.

¹⁰² *Ibid.*, p. 140.

¹⁰³ Voir à ce propos Euler, *Opera omnia*, III- 10, p. LXXI sq.

¹⁰⁴ *Ibid.*, p. LXXV.

tous ses contemporains, Euler imagine dans ce mémoire qualitatif des canaux (*meatus, canales*). Les pores du fer ou de l'acier sont originellement de directions aléatoires, que la matière subtile magnétique vient orienter et donc magnétiser. Mais puisque seules certaines matières peuvent être magnétisées, ceci l'empêche d'assimiler la matière magnétique à l'éther, comme il l'aurait voulu, et semble donc interdire l'unification¹⁰⁵. Il supposera alors que la matière magnétique est une partie de l'éther à défaut de l'éther lui-même. En somme on constate la répétition des mêmes éléments, mais dans un cadre où l'on tâche surtout de définir les comportements du magnétisme vis-à-vis de l'éther, problème qui réside implicitement ou explicitement chez tous les auteurs se penchant sur les causes du magnétisme. Sur le magnétisme terrestre, il accepte ici l'idée de Halley des quatre tourbillons (voir *infra*), ou possiblement plus, idée sur laquelle il reviendra dans ses œuvres postérieures.

Le magnétisme terrestre : une Terre multipolaire

Dans le chapitre IV du mémoire de Dutour, l'auteur examine la direction de l'aiguille aimantée, c'est-à-dire la boussole. Il souscrit à l'idée répandue à l'époque selon laquelle l'aiguille placée dans le courant général de matière magnétique, va s'orienter dans le sens de ce courant, car cette matière va heurter et balloter l'aiguille tant qu'elle ne pourra pas s'y introduire, jusqu'à ce que l'axe de l'aiguille coïncide avec la direction du courant, laissant alors librement passer le flux de particules¹⁰⁶. Mais très vite, Dutour en revient à ses expériences, en s'attachant à expliquer certains phénomènes difficiles liés à la capacité de l'aimant à disposer la matière magnétique suivant le sens de son courant, notamment l'expérience du mouvement progressif qu'une pierre d'aimant passée sous un carton communique à une limaille de fer, mouvement qui a lieu en sens contraire de la pierre¹⁰⁷. Il parvient même à observer une nouvelle sorte de mouvement progressif. En somme, Dutour ne traite pas ici du magnétisme terrestre. À ce sujet il ne fait que répéter les résultats de Dufay¹⁰⁸. Encore une fois il en profite surtout pour montrer sa virtuosité expérimentale.

Il faut attendre les deux derniers chapitres, le cinquième et le sixième, pour voir Dutour se pencher sur le délicat problème du magnétisme terrestre, c'est-à-dire la déclinaison et l'inclinaison de la boussole. Comme chacun sait, une boussole n'indique pas le nord géographique, mais un nord

¹⁰⁵ *Ibid.*, p. LXXIV.

¹⁰⁶ Voir les objections de Musschenbroek plus bas.

¹⁰⁷ Dutour, « Essai sur l'aiman... », pp. 83-90.

¹⁰⁸ *Ibid.*, pp. 90-91.

magnétique ayant la particularité de changer de position continuellement¹⁰⁹. À l'époque de Dutour, cette particularité est un défi pour les scientifiques et les navigateurs à qui la détermination de lois du magnétisme terrestre aurait été d'un grand secours. Aujourd'hui encore, il n'existe aucun modèle satisfaisant permettant de prévoir la variation de la déclinaison magnétique. L'inclinaison, elle, est le fait pour l'aiguille de la boussole de ne pas rester dans le plan tangent au point de la surface terrestre où elle se trouve. Ainsi, dans l'hémisphère nord, le côté de l'aiguille indiquant le nord plonge légèrement vers le bas, si bien que les navigateurs prirent l'habitude de compenser cette inclinaison par l'apposition sur l'autre extrémité d'un petit poids, par exemple un morceau de cire. Vers l'équateur, l'aiguille reste dans le plan tangent, et dans l'hémisphère sud, c'est l'autre côté de l'aiguille qui plonge vers le bas.

Le sujet difficile de la déclinaison, qui, rapporte Dutour, varie non seulement en fonction du lieu, mais aussi en fonction de l'année, du mois, voire du jour, a fait l'objet d'une importante hypothèse de la part de Halley, que Dutour connaît par l'intermédiaire de la lecture de Hartsoeker. Dans l'original, Dutour exprime un doute : cette théorie est-elle bien de Halley ? Dans les corrections envoyées après l'impression de la pièce, il précise qu'il relate la théorie de Halley modifiée par Hartsoeker et Biester¹¹⁰. Selon lui, lecteur de Hartsoeker, ces auteurs exposent que la terre est porteuse d'un gros aimant dont l'axe est incliné par rapport à celui de la terre. En outre, cet axe n'est pas fixe : il prend un peu de retard chaque année sur la rotation terrestre. Les extrémités de ces axes, les pôles magnétiques, vont ainsi décrire des cercles. Qui plus est, cet axe est plus court que le diamètre terrestre pris aux pôles géographiques « de sorte que les pôles magnétiques ne sont pas directement en vis-à-vis l'un de l'autre, dans une ligne qui passe par le centre de la terre, & qu'ils se trouvent éloignés de quelques degrés des pôles du monde, & sans doute inégalement chacun du sien respectif »¹¹¹. L'hypothèse de Halley, publiée en 1692, aura une influence assez considérable sur la pensée de l'époque, car elle le conduira à publier en 1701 la première carte de lignes isogones de la déclinaison magnétique¹¹², basée sur de multiples observations, et dont il affirmera la compatibilité avec son hypothèse¹¹³. Les cartes de Halley sont d'ailleurs reproduites par Dutour

¹⁰⁹ Qui plus est, on sait aujourd'hui que le magnétisme terrestre n'est pas exactement dipolaire, c'est-à-dire que le pôle sud magnétique n'est pas aux antipodes du pôle nord magnétique. Donc en certains endroits de la terre, on peut atteindre le nord magnétique en suivant les méridiens magnétiques indiqués par sa boussole, sans pour autant que la boussole indique exactement le nord magnétique ...

¹¹⁰ *Ibid.*, p. 112.

¹¹¹ *Ibid.*, p. 112.

¹¹² Halley, « The description and uses », p. 91 (carte détachable insérée à cette page).

¹¹³ Halley, « An Account of the cause ».

dans son mémoire, mais copiées d'après Musschenbroek¹¹⁴. Néanmoins cette hypothèse n'est connue de Dutour que par la lecture de Hartsoeker, et cette distance est à l'origine d'un contresens : il présente comme une innovation ce qui est déjà chez Halley.

Ainsi, de sa lecture de l'hypothèse de Halley, Dutour conclut que pour qu'elle soit vraie, les méridiens magnétiques devraient avoir un semblant de régularité. Ce qu'il s'attache à infirmer par la mention d'une suite d'observations¹¹⁵. Il préfère une autre hypothèse : celle « que la terre pourroit renfermer dans son sein, plusieurs grands Aimans, qui seroient ramassés autour de son axe, & dont les poles Austraux aboutiroient aux environs de son pole de même nom, & les Boreaux aux environs de l'opposé »¹¹⁶. Si en outre on suppose que « les axes de ces Aimans ne sont pas paralleles entre eux ; qu'il y en ait qui soient plus écartés l'un de l'autre vers un pole que vers l'opposé, & que leurs tourbillons n'étant pas également fournis de matiere Magnétique, il y en ait de forts & de foibles [alors] les routes qu'ils parcourront, ne seront rien moins qu'uniformes »¹¹⁷. Prenant la peine de faire des expériences en petit avec plusieurs pierres d'aimant et de la limaille de fer, il trouve un résultat qualitativement semblable aux observations sur le magnétisme terrestre, c'est-à-dire une forte irrégularité dans le dessin des lignes¹¹⁸.

En réalité, Halley ne propose pas un seul aimant, mais bien plusieurs¹¹⁹, les objections de Dutour étant donc hors sujet. D'Alembert explique que Halley « a imaginé un gros aimant au centre de la terre, un second globe contenu au-dedans d'elle comme dans un noyau, & qui par la rotation sur un axe qui lui est propre, entretienne la déclinaison de l'aiguille dans une variation continue »¹²⁰. Deux sphères concentriques donc, l'une portant la surface terrestre et munie de deux pôles fixes, et une interne, au mouvement légèrement plus lent, et munie de deux autres pôles. Cette hypothèse doit pallier les difficultés d'une précédente proposition de Halley (1683), l'existence de quatre pôles magnétiques sur la surface terrestre, proposition qui notamment ne prenait pas en compte la variation temporelle de la déclinaison magnétique¹²¹.

Par ailleurs, Halley conclut son mémoire de 1692 par une conjecture plus étonnante encore, dont bien des auteurs de science-fiction lui seront redevables : il donne à voir une terre creuse, composée de quatre sphères

¹¹⁴ C'est l'édition de Leyde de 1734 des *Elementa Physica* qui lui sert de modèle.

¹¹⁵ Dutour, « Essai sur l'aiman... », p. 100 ; corrigées et complétées pp. 113-114.

¹¹⁶ *Ibid.*, p. 95.

¹¹⁷ *Ibid.*

¹¹⁸ *Ibid.*, pp. 93-94.

¹¹⁹ Halley, « An Account of the cause... ».

¹²⁰ *Encyclopédie*, art. « Magnétisme », t. IX, p. 860.

¹²¹ Halley, « A theory of the variation », pp. 208-221.

concentriques magnétiques séparées les unes des autres par des cavités dont il pense même qu'elles pourraient être habitées (Figure 5.8).

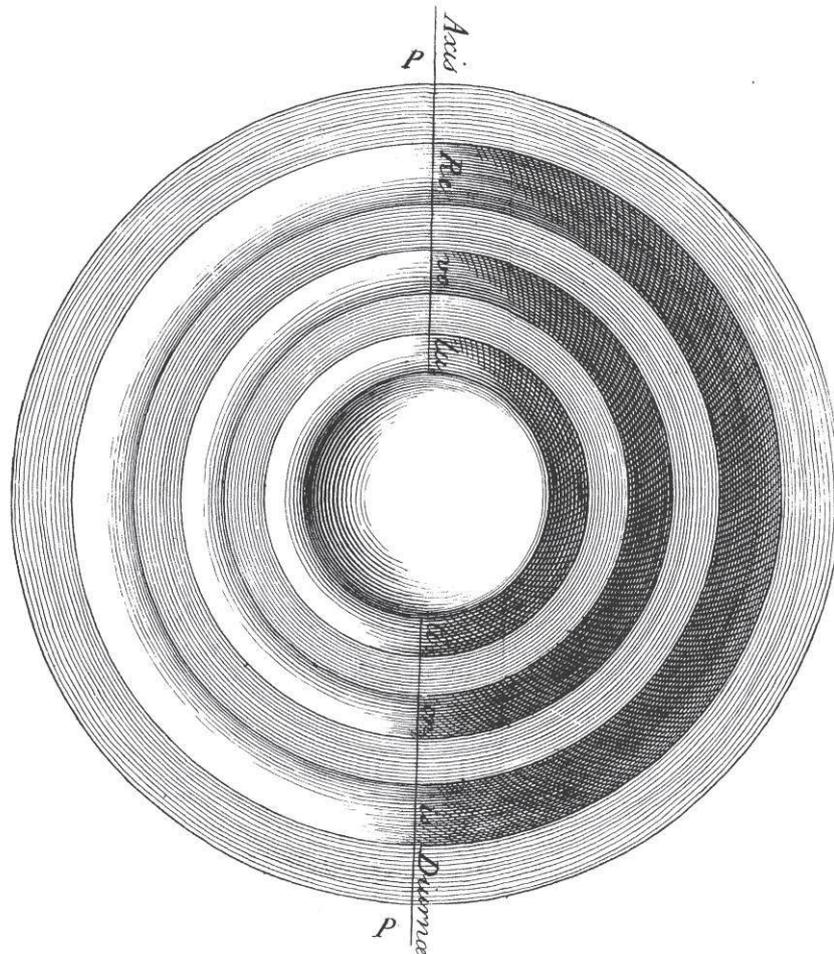


Figure 5.8 : La terre creuse de Halley. « Lastly, To explain yet farther what I mean, I have adventured to adjoin the following scheme, wherein the Earth is represented by the outward Circle, and the three inward Circles are made nearly proportionable to the Magnitudes of the Planets *Venus*, *Mars* and *Mercury*, all which may be included within this Globe of Earth, and all the Arches more than sufficiently strong to bear their weight. The Concave of each Arch, which is shaded differently from the rest, I suppose to be made up of Magnetical Matter; and the whole to turn about the same common Axis p.p. only with this difference, that the Outer Sphere still moves somewhat faster than the Inner. » (Halley, « An Account of the cause ... », pp. 576-577; schéma non paginé, figurant après l'article).

Or, Dutour relève ensuite en passant cette même hypothèse des sphères magnétiques concentriques chez Hartsoecker, et l'attribue à ce dernier : il y aurait « plusieurs croutes Magnétiques, qui se meuvent séparément en dedans du globe terrestre, & avec des mouvemens assez irréguliers »¹²². De manière assez surprenante, il ne développe pas cette hypothèse et ne fait aucun lien avec la sienne, à savoir l'existence de plusieurs aimants au sein du « noyau de la terre »¹²³. Il semble que Dutour ne conçoive pas son hypothèse comme l'imbrication de sphères magnétiques, mais simplement comme des aimants mis côte à côte, et dont tout ce qu'il importe de noter est qu'il en résulte plus de deux pôles.

Cependant, l'hypothèse de Dutour seule est insuffisante à expliquer toutes les variations de la déclinaison, notamment la vitesse avec laquelle certaines peuvent s'opérer. Dutour énonce donc quatre autres sources de variation, à savoir : 1° que la matière magnétique formant les aimants de la terre peut varier en quantité par exemple du fait des volcans qui peuvent calciner une partie de cette matière, ou de l'eau s'introduisant dans la terre, charriant des particules métalliques, ou rouillant des parties d'aimant ; 2° les mines de fer et roches magnétiques disséminées à la surface de la terre peuvent s'altérer ou être nouvellement formées, créant des perturbations ; 3° la matière magnétique ne sort pas que par les pôles des aimants, mais par quantité de passages à la surface de la terre, créant ainsi une multitude de courants, passages qui en outre peuvent se boucher ou être nouvellement ouverts ; enfin 4° diverses aiguilles aimantées ne donnant pas toujours la déclinaison, la construction peut être en cause tout autant que la disposition des parties internes du fer.

Si Dutour se révèle ingénieux dans ses explications, surtout si on considère sa méconnaissance de celle de Halley, elles ne laissent cependant guère entrevoir de possibilité de prévision. Euler reviendra en 1757 sur l'hypothèse de la nécessité de plus de deux pôles pour décrire les variations de la déclinaison, en montrant son inutilité si les deux pôles ne sont pas diamétralement opposés¹²⁴.

Enfin Dutour conclut son mémoire par un sixième et court chapitre consacré à l'inclinaison de l'aiguille aimantée. Sans surprise, il l'attribue à la figure des lignes magnétiques autour de la terre. Examinant de la limaille de fer autour d'un aimant, il remarque que dès que l'on s'éloigne de l'équateur les lignes ne sont pas tangentes à la surface. À la limite, aux pôles magnétiques, l'aiguille se dirigera perpendiculairement à la surface. Dans l'hémisphère nord, l'aiguille s'oriente sur la direction des lignes et donc a tendance à plonger du côté nord. Inversement dans l'hémisphère sud.

¹²² Dutour, « Essai sur l'aiman... », p. 101.

¹²³ *Ibid.*, p. 96.

¹²⁴ Selon Radelet de Grave, *Les lignes magnétiques*, p. 40.

Or cette inclinaison varie tout comme la déclinaison, parfois d'un jour à l'autre. Pour Dutour, les mêmes causes opèrent dans les deux cas, et il renvoie donc à sa précédente section. Mais il note aussi, citant Musschenbroek, que les deux phénomènes semblent parfois indépendants l'un de l'autre¹²⁵. Ce pourquoi il lui faut supposer encore de nouvelles causes, que Dutour appuie sur les théories contemporaines de la formation de l'éclair et du tonnerre. Ceux-ci seraient produits par la fermentation d'exhalaisons composées en partie de particules de fer¹²⁶. La violente effervescence de ces particules lors des orages crée une agitation locale de la matière magnétique, propre alors à rendre les boussoles folles, phénomène bien connu à l'époque. En outre, ces exhalaisons peuvent aussi se trouver en repos dans l'atmosphère, et ainsi agir sur l'inclinaison de l'aiguille aimantée, ainsi que sur la déclinaison, sauf si ces exhalaisons se trouvent dans le même plan que la perpendiculaire à la surface de la terre contenant l'aiguille. Dans ce dernier cas, inclinaison et déclinaison sont alors indépendantes l'une de l'autre.

LES TEXTES DES VOLUMES DES *SAVANTS ETRANGERS*

Dutour publiera deux autres mémoires sur le magnétisme, dans les volumes des *Savants Etrangers*¹²⁷. Dans l'état actuel de la recherche, on ne connaît pas d'autres pièces. L'auteur indique cependant en 1760 avoir fait usage de son hypothèse des tourbillons dans « divers Mémoires »¹²⁸, formule ambiguë.

Quoiqu'il en soit, Dutour ne réutilise pas le système pour lequel il reçoit le prix de 1746, se bornant dans sa pièce de 1760 à défendre l'existence des tourbillons. C'est le but avoué de ce mémoire. Dutour entend réfuter les affirmations de Bazin qui, dans une pièce de 1753¹²⁹ dont il admet que les observations sont « fidèlement rendues »¹³⁰, veut jeter aux orties toutes les anciennes observations de l'expérience classique de la limaille de fer disposée au-dessus d'un aimant sur une feuille de papier, dont les lignes sont interprétées par tous comme les traces du tourbillon. Pour Bazin « ce tableau est celui que leur a dicté leur imagination »¹³¹. Deux arguments principaux sont avancés par Bazin : 1° dans la réunion de deux aimants par les pôles de

¹²⁵ Dutour, « Essai sur l'aiman... », p. 106.

¹²⁶ *Ibid.*, p. 106.

¹²⁷ Dutour, « Explication de deux phénomènes de l'aimant » et « Sur le tourbillon magnétique ».

¹²⁸ Dutour, « Sur le tourbillon magnétique », p. 233.

¹²⁹ Bazin, *Description des courants magnétiques*.

¹³⁰ Dutour, « Sur le tourbillon magnétique », p. 233.

¹³¹ Dutour, *Ibid.*, p. 239.

noms différents, la réunion des prétendus tourbillons n'est pas parfaite et on peut donc douter de leur existence ; 2° dans les expériences de la limaille qu'il reproduit avec une longue lame d'acier, la limaille ne s'oriente que jusqu'à une certaine distance, et elle forme aux extrémités de la lame des lignes presque droites, sans courbure qui puisse indiquer le début d'une marche à rebours. À cela, Dutour réplique par des expériences, et indique 1° que deux tourbillons ne se fondent en un que si les pores sont extrêmement bien jointes, ce qui est rare ; et 2° que la limaille cesse d'être sensible à la matière magnétique à une certaine distance du fait des frottements contre le papier : il utilise alors des boussoles pour montrer la direction des lignes à grandes distances. Il complète en disant que Bazin a utilisé des lames longues, ayant la particularité de former des tourbillons moins ramassés. Aux extrémités, les lignes s'étendent loin, d'où l'impression à leur immédiate proximité du caractère rectiligne de ces courbes. L'utilisation de la boussole à plus grande distance dans la sphère d'activité de l'aimant permet de compléter la figure et de ne pas douter du tourbillon (Figure 5.9).

Un peu plus tôt, en 1750, il produit un mémoire purement expérimental, qu'il présente comme indépendant de tout système. Ce mémoire fut présenté en 1747 à l'Académie¹³², et s'inspire de certaines expériences déjà utilisées pour son prix. Il donne l'explication d'un phénomène classique dans l'expérience de la limaille de fer : au-dessus des pôles, les expérimentateurs observent des vides. L'interprétation habituelle est que la très forte densité de la matière magnétique à ces endroits chasse la limaille de son chemin¹³³. Dutour note ici l'incohérence, puisque l'on peut difficilement soutenir que la matière magnétique chasse la limaille aux pôles tout en assurant qu'elle l'oriente et l'attire partout ailleurs¹³⁴. Il rapproche ce phénomène de deux observations notées dans son essai de 1746¹³⁵. Dans l'expérience de la limaille de fer, les bouts de limaille se redressent à proximité des pôles, soit perpendiculairement si l'on est juste au centre, soit en s'inclinant. L'inclinaison des brins est donc dirigée vers le « centre » du pôle de l'aimant.

La seconde observation a trait à cette même expérience de la limaille, mais quand l'aimant est situé au-dessus d'elle. On observe encore que les brins s'élèvent sur leur pointe et se dirigent vers le « centre » du pôle de l'aimant ; mais cette fois-ci l'ensemble des brins formeraient idéalement la tranche d'une pyramide, ou d'un cône, dont le sommet est en haut. Cette observation, Dutour affirme ne l'avoir rencontrée nulle part ailleurs.

¹³² *HMARS* 1747, H, p. 128.

¹³³ Dutour, « Explication de deux phénomènes... », p. 375.

¹³⁴ *Ibid.*, p. 376.

¹³⁵ Dutour, « Essai sur l'aiman... », pp. 43 et 48.

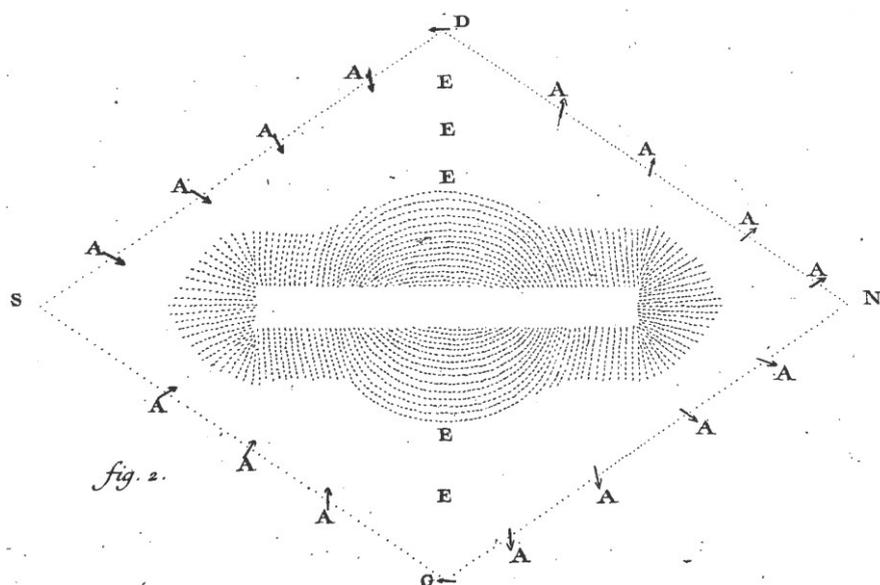


Figure 5.9 : Même si la limaille ne s'oriente pas au-delà d'une certaine distance, du fait du frottement contre le papier, on peut mettre en évidence les lignes du tourbillon grâce à l'aiguille de la boussole, figurée par les flèches aux limites de l'activité de l'aimant (*Savants Etrangers*, Tome III, page 244, planche IX, *fig. 2*).

Or, note Dutour, c'est en donnant de petites secousses au carton que les vides en question se forment dans la première expérience. Dans la seconde expérience, ce sont des monticules qui se forment. Pour Dutour, l'effet est entièrement mécanique. Que l'on prenne en effet la surface d'un tambour, nous dit-il. Si une baguette de bois inclinée est disposée juste au-dessus, et que l'on frappe la surface du tambour, que se passe-t-il ? Le tambour frappe l'extrémité inférieure, et la baguette sera rejetée dans la direction de l'extrémité supérieure : si je me place de sorte à avoir devant moi toute la longueur de la baguette, je la verrai ainsi partir à droite si l'extrémité la plus proche du tambour est la gauche. Et réciproquement, elle partira à gauche, si l'extrémité inférieure est à droite. Dans l'expérience de la limaille avec l'aimant en-dessous, c'est ce qui se passe quand on donne des secousses. Les brins sont rejetés à l'extérieur du fait de leur disposition. Dans l'expérience avec l'aimant au-dessus, puisque leur inclinaison est renversée, les secousses les dirigent au centre, et ils se forment des monticules.

CONCLUSION : LA PASSIONNANTE BANALITÉ DES FAITS

Il n'y a rien de révolutionnaire dans ces mémoires, et c'est précisément pourquoi ils sont si intéressants. Se débarrasser de la quête d'une innovation totale ou d'une synthèse éblouissante libère le regard en permettant de porter attention à la construction d'une recherche en train de se faire, dans ses étapes, ses retours en arrière, ses certitudes provisoires, ses difficultés, et les inventions anodines qu'elle produit pour y remédier. En somme, ceci permet mieux de saisir ce qu'est être scientifique à cette époque. En l'occurrence, le cas de Dutour brouille la distinction facile entre amateurs et professionnels.

Cette étude met également en lumière l'énorme travail expérimental qui fut nécessaire pour tâcher d'isoler les phénomènes magnétiques, et notamment la recherche des conditions sous lesquelles ils sont reproductibles, condition indispensable d'une quantification. Il faudrait être singulièrement peu physicien pour qualifier ces recherches d'errements ou de balbutiements.

Dutour participe d'un mouvement général de mise au jour de faits d'expériences, énorme masses de données à l'aune desquelles chaque nouvelle conceptualisation va être testée. Or, on l'a vu en ciblant le moment 1746, les solutions proposées par les lauréats du prix ne sont pas si différentes les unes des autres. Et sans doute celle de Dutour représente-t-elle le mieux l'esprit du temps. C'est que précisément l'énorme masse d'expériences déjà disponibles, et que Dutour et ses contemporains testent, raffinent et décuplent, limite les conceptualisations possibles. Ne subsistent que celles qui, précisément, sont indécidables vis-à-vis des données existantes. D'où le mot de D'Alembert : « ce qu'il y a de mieux à faire [...] est d'amasser les faits »¹³⁶, nos neveux en dégageront plus sûrement, peut-être, les lois générales. Ce qui n'est pas un aveu d'impuissance mais au contraire la conscience de ce qu'est une recherche véritable, dont il n'est pas rare qu'elle s'étende sur plusieurs générations. Ce qui devrait faire réfléchir les amateurs de plans gouvernementaux quinquennaux.

Il faudrait d'ailleurs une histoire des expériences magnétiques sur le long terme, et faire ce que nous n'avons qu'effleuré pour quelques-unes d'entre elles : en tracer pour chacune les origines et le devenir, voir comment elles s'entremêlent, se modifient chez chaque auteur.

Dutour est d'abord un expérimentateur. C'est de toute évidence ce pour quoi il se passionne, plus que les constructions théoriques. Au demeurant, la modélisation qu'il produit à l'occasion du prix de 1746, pour cohérente qu'elle soit, n'est par la suite jamais reprise ni défendue par son auteur, ce qui tranche avec la férocité rigide de certains de ses contemporains à défendre leurs systèmes. Quelles que soient ses certitudes, il en passe

¹³⁶ *Encyclopédie*, art. « Magnétisme », t. IX, p. 860.

toujours par des arguments expérimentaux pour confirmer ou infirmer une idée.

Certes ses mémoires sont parfois difficiles à suivre, non par obscurité de langue, mais parce que les subtilités de ses expériences méritent attention pour être entièrement comprises. Il préfère l'analyse lente et la froide démonstration rationnelle à la rhétorique, aux effets de style ou à l'ironie d'un Bernoulli. Mémoires comme des pointes d'iceberg, ultime trace et conclusion d'efforts des dizaines de fois répétés, d'ingéniosité toujours renouvelées. Combien de centaines d'heures de travail dans sa pièce de 1746 ? Combien de dizaines d'heures dans un seul de ses papiers ?

Il illustre parfaitement le fait que les avancées scientifiques jugées *a posteriori* décisives, que les héros et les génies qu'on se plaît, par facilité, à dépeindre, sont des choix de lecture inspirés par une philosophie individualiste de l'histoire et de l'homme. Au mieux, ces attributions de responsabilité et ces médailles symboliques sont le résultat de processus créés par les scientifiques afin de gérer des querelles de priorité, de s'attribuer du pouvoir par le prestige conféré par la découverte, et en l'occurrence, en 1746, choisir à qui donner les 7500 livres de récompense.

Découper dans l'entremêlement des faits et des pensées une contribution, une expérience, la croyant pourvue d'une vie propre pouvant légitimement et sans artifice être isolée du reste en dehors duquel elle n'existe pourtant pas, relève d'un choix de lecture classique mais à mon sens archaïque, qui veut croire, envers et contre tout, à l'individualité absolue.

Nous sommes faits des autres comme nous faisons les autres. « On est né de trop de mères », dit le poète¹³⁷. « Moi se fait de tout [...] On veut trop être quelqu'un [...] Au nom de beaucoup je signe ce livre. »¹³⁸ Au nom de beaucoup, Dutour écrit ses mémoires.

¹³⁷ Michaux, *Plume, précédé de Lointain intérieur*, p. 216.

¹³⁸ *Ibid.*, p. 217.

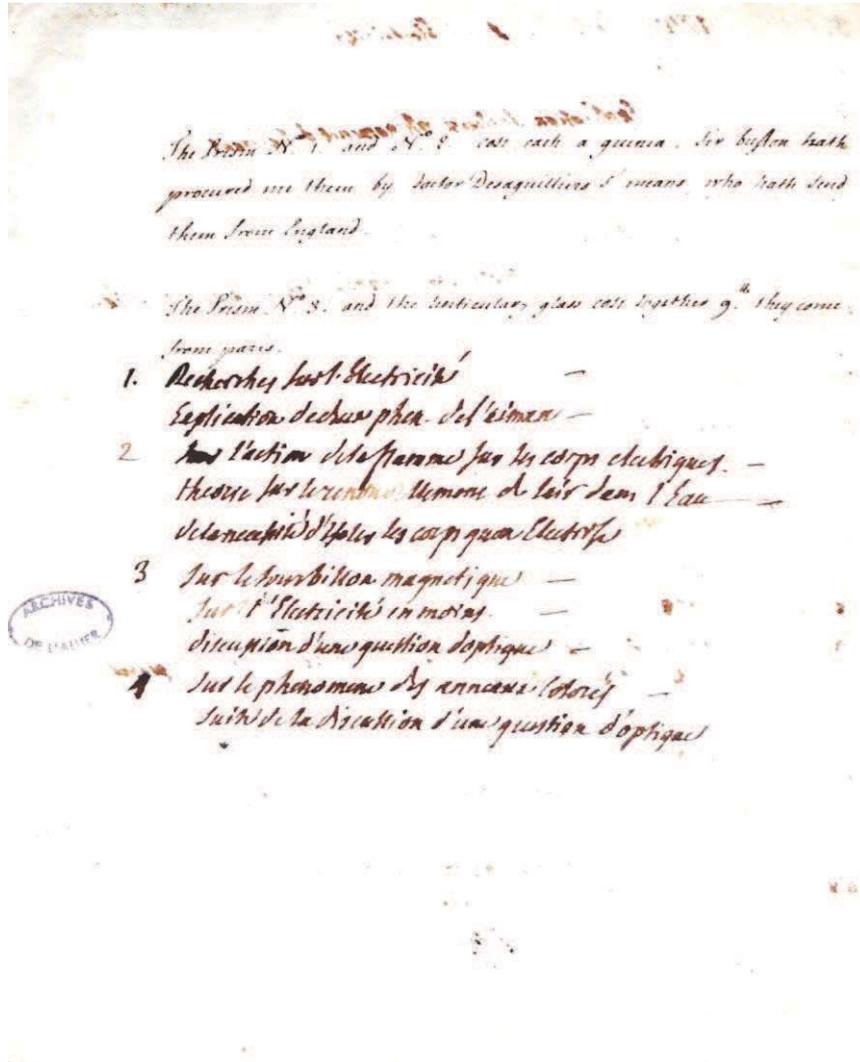


Figure 5.10 : Liste de travaux de Dutour sur l'électricité, l'aimant et l'optique. On notera en haut de page ses inscriptions en anglais. Archives de l'Allier, 57 J 127.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	p. i
PRÉFACE Irène Passeron	p. iii
CHAPITRE 1 UN NOTABLE RIOMOIS DES LUMIÈRES Jean Ehrard	p. 1
ANNEXE 1: PIERRE-ETIENNE DE SALVERT (1743 – 1794) ANNEXE 2 : DUTOUR, MAUPERTUIS ET L'ACADÉMIE DE BERLIN	
CHAPITRE 2 DE GILBERT ROMME À ETIENNE DUTOUR DE SALVERT Anne-Marie Bourdin, Jean Ehrard et Hélène Rol-Tanguy	p. 21
CHAPITRE 3 DUTOUR, LA PHYSIQUE ET LES PHYSICIENS Ernest Brasseaux	p. 31
PHYSIQUE ET PHYSICIENS RICHE ET DANS UNE PROVINCE ÉLOIGNÉE DANS L'ORBITE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES TRAVAUX	
CHAPITRE 4 LES MANUSCRITS ET LA CORRESPONDANCE Pierre Crépel	p. 41
LE FONDS 57 J DES ARCHIVES DE L'ALLIER LA CORRESPONDANCE AVEC LES SAVANTS LA CORRESPONDANCE AVEC LES LIBRAIRES CONCLUSION	

CHAPITRE 5 **p. 59**
ATMOSPHÈRES FIBREUSES ET TERRE MULTIPOLAIRE :
CONCEPTIONS ET EXPÉRIENCES MAGNÉTIQUES (1746-1760)
Yannick Fonteneau

1746 : LAURÉAT INATTENDU D'UN CONCOURS À ÉPISODES
LES TEXTES DES VOLUMES DES *SAVANTS ETRANGERS*
CONCLUSION : LA PASSIONNANTE BANALITÉ DES FAITS

CHAPITRE 6 **p. 101**
DUTOUR ET L'ÉLECTRICITÉ
Michael Bycroft

DUFAY ET LES LOIS DE L'ÉLECTRICITÉ
LE SYSTÈME NOLLET
LES LETTRES DE DUTOUR À NOLLET AVANT 1750
LE MÉMOIRE DE 1750
FRANKLIN ET LA BOUTEILLE DE LEYDE
DUTOUR ET LA PERMÉABILITÉ DU VERRE
DUTOUR ET L'ÉLECTRICITÉ EN MOINS
LE SYSTÈME DUTOUR
CONCLUSION

CHAPITRE 7 **p. 135**
UNE POLÉMIQUE ENTRE D'ALEMBERT ET DUTOUR SUR LA
VISION
Charles Deponge et Fabrice Ferlin

LES DOUTES DE D'ALEMBERT
LE MÉMOIRE DE DUTOUR
LA RÉPONSE DE D'ALEMBERT
LA POSTÉRITÉ DU DÉBAT
CONCLUSION

CHAPITRE 8 **p. 151**
LES « CONSIDÉRATIONS OPTIQUES », DERNIÈRE VERSION DE
L'OPTIQUE CARTÉSIENNE ?
Fabrice Ferlin

DUTOUR ET L'OPTIQUE
LE MÉCANISME DE LA RÉFRACTION (MÉMOIRE 3)
LE MÉCANISME DE LA RÉFLEXION (MÉMOIRE 5)

LES ATMOSPHÈRES OPTIQUES (MÉMOIRES 7 ET 8)
 LE CONTEXTE DES IDÉES DE DUTOUR
 DUTOUR ET NEWTON
 RÉCEPTION DE LA THÉORIE DE DUTOUR
 CONCLUSION
 ANNEXE. RAMENER TOUS LES PHÉNOMÈNES OPTIQUES AUX SEULES
 RÉFRACTION ET RÉFLEXION

CHAPITRE 9 **p. 199**
LE SPATH D'ISLANDE : ENTRE OPTIQUE ET GÉOLOGIE
 Michael Bycroft

LE SPATH D'ISLANDE AVANT DUTOUR
 LES RECHERCHES DE DUTOUR SUR LE CRISTAL D'ISLANDE
 LE CRISTAL D'ISLANDE, LE TALC ET LA MINÉRALOGIE
 CONCLUSION

CHAPITRE 10 **p. 231**
**CAPILLARITÉ, ADHÉSION, COHÉSION : PHYSIQUE
 EXPLICATIVE ET PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE**
 Hugues Chabot et Fabrice Ferlin

ÉTAT DE L'ART
 LE MANUSCRIT DE 1755
 MÉMOIRES PUBLIÉS DANS LE *JOURNAL DE PHYSIQUE*
 MÉMOIRE INTITULÉ « EXPÉRIENCES RELATIVES À L'ADHÉSION »
 L'ENVOI DU MÉMOIRE À L'ACADÉMIE ET LA RÉACTION DE MONGE
 GUYTON DE MOVEAU ET DUTOUR À PROPOS DE L'ADHÉSION
 LE MÉMOIRE DE M. M. ...
 LAPLACE ET LA THÉORIE DE LA CAPILLARITÉ
 CONCLUSION

CHAPITRE 11 **p. 307**
CONTRIBUTIONS, ÉBAUCHES, ENVOIS ET ROGATONS
 Pierre Crépel

PRÉOCCUPATIONS DE JEUNESSE
 MATHÉMATIQUES ÉLÉMENTAIRES
 LES OBSERVATIONS SUR LE TERRAIN
 LE TRADUCTEUR
 ZOOLOGIE ET DÉLUGE
 LES SENS, L'ÂME ...
 CONCORDANCE DES ÉVANGILES

APPENDICE

CONCLUSION p. 325
Ernest Brasseaux

APPENDICE p. 337
QUELQUES LETTRES INÉDITES

CHRONOLOGIE p. 349

BIBLIOGRAPHIE p. 351

INDEX DES NOMS DE PERSONNES p. 373

TABLE DES ILLUSTRATIONS p. 383

ETIENNE FRANÇOIS DUTOUR DE SALVERT (1711-1789)
Un physicien auvergnat du 18^e siècle

Un correspondant de l'Académie des sciences a-t-il publié des mémoires dans chacun des six premiers volumes des "Sçavans étrangers" (1750-1774) ? Existe-t-il un fonds d'archives publiques conservant plus d'une centaine de lettres inconnues de ou à Buffon, Lavoisier, Lalande, Monge, D'Alembert, Hauÿ, Nollet, Bézout, Guettard, et une correspondance suivie sur un demi-siècle avec les plus grands libraires-imprimeurs parisiens des Lumières ? Comment étudier des petits cahiers cousus d'écrits scientifiques, datés à l'heure près, avec les conditions atmosphériques, et surchargés de paperoles collées ou épinglées, de minutes de lettres et de réponses de savants prestigieux commentant ces expériences ? Un Auvergnat, qui doute des tourbillons cartésiens et renâcle devant les mystères de l'attraction newtonienne, peut-il se donner des consignes en anglais ?

Si ces questions vous intéressent, faites la connaissance (à Bailleul, Avallon, Riom, Davayat, Salvert et Bellenave) d'Etienne Dutour de Salvert (1711-1789), lauréat du prix sur l'aimant à l'Académie (1746), traducteur de Needham, de Jurin et de Symmer, minéralogiste à ses heures, adversaire des franklinistes en électricité, auteur d'expériences et de théories sur la vision, la réflexion, la réfraction, la diffraction, la capillarité, l'adhésion, la dissolution, la submersion, compatriote de Gilbert Romme et auteur d'une concordance entre les Évangiles.

*Sous la direction de **Pierre Crépel**, bibliothécaire de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon et de **Jean Ehrard**, ancien professeur à l'université de Clermont-Ferrand.*

Photographie de couverture : portrait de Dutour de Salvert.