

« Savoir attendre et douter » : l'article FIGURE DE LA TERRE

I. L'article FIGURE DE LA TERRE au centre d'un réseau de références

L'article FIGURE DE LA TERRE, publié sous la signature de D'Alembert (O) dans le volume VI de l'*Encyclopédie*, nous apprend bien plus que l'intitulé spécialisé ne pourrait le laisser penser. Il ne s'agit pas seulement d'un article de dictionnaire informant l'amateur cultivé de l'historique des spéculations et des descriptions sur la forme de la Terre. Une première lecture de ce long article¹ laisse perplexe quant aux intentions de l'auteur que seule une étude à la lumière des recherches de D'Alembert en 1756 peut éclairer. En effet, cet article se situe au centre d'un réseau de références que nous allons démêler dans ce qui suit.

Une première information, exceptionnelle dans l'*Encyclopédie*, est la datation probable de la rédaction :

J'ai tiré de la solution de cet important problème de très-grandes conséquences dans la troisième partie de mes *recherches sur le Système du monde*, qui est sous presse au moment que j'écris ceci (Mai 1756), & qui probablement aura paru avant la publication du sixième volume de l'*Encyclopédie* (VI, 758b).

Les querelles de priorité étant monnaie courante au XVIII^e siècle, il est légitime de soumettre cette affirmation à deux questions : peut-on croire D'Alembert ? Quelle est la nécessité de dater aussi précisément un article de dictionnaire dont on pourrait attendre qu'il fasse date plutôt que de prendre date ?

Une analyse précise de l'activité de D'Alembert pendant cette année 1756 permet de répondre positivement à la première question. En effet, le

1. L'article occupe 25 colonnes, pp. 749b-761b.

5 mai, Nicole² et Le Monnier³ sont nommés commissaires à l'Académie des Sciences pour examiner le tome III des *Recherches sur différents points importants du système du monde*⁴. Ils rendront leur rapport le 3 juillet⁵. Le 23 septembre, l'ouvrage est présenté à l'Académie française, puis le 17 novembre à l'Académie des Sciences. Un compte rendu en paraît dans le *Mercure de France* d'octobre 1756. Par ailleurs, le tome VI de l'*Encyclopédie* a été annoncé dans la *Correspondance littéraire* du 1^{er} mai et a dû paraître courant mai 1756⁶. Un compte rendu en est fait dans le *Journal Encyclopédique* d'octobre.

La réponse à la seconde question apparaîtra au fur et à mesure que nous analyserons le contenu de cet article. D'emblée, il s'avère que cet article peut être compris comme une forme de prospectus aux *Recherches*. Le lecteur est incité à se référer aux démonstrations mathématiques qui étaient les lignes de force des investigations dont D'Alembert donne ici l'esprit.

Il est donc possible de diviser l'article en deux parties, une description historique, et un inventaire (partial, bien entendu) des recherches contemporaines. Cette division ne correspond pas à deux parties distinctes de l'article. Au contraire, D'Alembert fait progresser son argumentation en entremêlant les deux espaces d'information.

Cet aller-retour entre l'esprit d'analyse du dictionnaire, qui fournit les éléments de méthode et de réflexion, et l'esprit d'analyse des recherches en cours se lit parfaitement dans la constitution de l'article : la partie « recherche » correspond, le plus souvent mot à mot, à la « Préface » du tome III des *Recherches*. Nous reviendrons sur ce parallèle dans ce qui suit.

Le réseau des renvois s'articule sur ces parties d'esprit différent. A.-M. Chouillet a rappelé l'histoire de la publication de l'*Encyclopédie*. Ce volume et le suivant, qui contient l'article GRAVITATION auquel nous ferons allusion, sont donc les deux derniers de la première série. L'article FIGURE DE LA TERRE renvoie aussi bien à des articles de volumes antérieurs qu'ultérieurs⁷ et justifie d'emblée son importance :

2. François Nicole (1683-1758), pensionnaire mécanicien de l'Académie des Sciences, ne joue plus aucun rôle scientifique en 1756.

3. Pierre-Charles Le Monnier, (1715-1799), pensionnaire astronome de l'Académie des Sciences. Les commissaires sont toujours nommés par deux pour examiner un ouvrage. Dans ce cas, seul Le Monnier était à même de lire et de critiquer les *Recherches*, tant par la proximité de ses propres travaux que par sa formation.

4. Procès-verbaux de l'Académie Royale des Sciences pour 1756.

5. L'approbation et le privilège du Roi sont reproduits p. xlvij de la préface.

6. CL, livraison du 1^{er} mai 1756, III, 222 : « le sixième volume de l'*Encyclopédie* vient de paraître. ».

7. L'article fait 28 renvois, 10 antérieurs ou du même volume, ERUDITION, DEGRÉ, COPERNIC, ABERRATION, DEVELOPPÉE, FLUIDE, FLUX ET REFLUX, ATTRACTION, BANDES, CAPILLAIRE; 18 postérieurs, TERRE, LUNE, JUPITER, SATURNE, REFRACTION, PRÉCESSION, NUTATION, TRIANGLE, PENDULE, FORCE CENTRIFUGE, HYDROSTATIQUE, SPHÉROÏDE, OSCULATEUR, SINUS, GÉOGRAPHIE PHYSIQUE, TREMBLEMENTS DE TERRE, MONTAGNES, PARALLAXE. Ils sont cités dans l'ordre de leur première apparition, certains renvois apparaissant plusieurs fois (DEGRÉ, 4 fois, PENDULE, 3 fois, etc.)

Cette importante question a fait tant de bruit dans ces derniers tems, les Savans s'en sont tellement occupés, sur-tout en France, que nous avons crû devoir en faire l'objet d'un article particulier, sans renvoyer au mot TERRE, qui nous fournira d'ailleurs assez de matière sur d'autres objets (VI, 749b).

Cette prévention était justifiée, puisque D'Alembert n'écrira TERRE que pour le volume XVI de l'*Encyclopédie*, paru en 1765. Mais D'Alembert était autant motivé par l'impatience du lecteur que par sa propre impatience à présenter ses dernières recherches. En effet, 1756 est une année très importante dans sa carrière et dans l'orientation de ses travaux. 1756 est aussi une année de reconnaissance institutionnelle, puisqu'il obtient une place de pensionnaire surnuméraire à l'Académie des Sciences⁸ et, indépendamment, une pension de 1200£⁹. Toute promotion académique se doit d'être accompagnée de publications : en janvier sont parues ses Tables de la Lune¹⁰, en juin paraissent les *Recherches* et D'Alembert lit à la fin de l'année¹¹ des « Recherches sur la précession... » qu'il réussira à faire publier dans les *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences pour 1754* (1759)¹².

Par ailleurs, D'Alembert souhaite continuer la polémique engagée avec Euler sur les cordes vibrantes mais ses essais de publication à Berlin n'aboutissent pas, comme en témoigne par exemple la lettre à Formey du 26 novembre 1756¹³. Brouillé avec Euler depuis que le prix de l'Académie

8. Lettre de nomination du 8 avril 1756, lue le 10. Etre surnuméraire signifie que l'on a le rang de pensionnaire...sans la pension (environ 2000£), jusqu'à la vacance d'un poste (voir l'extrait des Registres de l'Académie Royale des Sciences du 31 mars 1756 où il est dit « l'Académie ayant délibéré dans la forme ordinaire suivant les ordres du Roy qui luy ont été adressés par M. Le Comte d'Argenson sur la proposition de Mr D'Alembert d'être fait Pensionnaire surnuméraire dans sa classe a condition de n'avoir ny pension ny jettons jusqu'à ce que ses anciens soient devenus pensionnaires, la pluralité des voix a été pour luy accorder sa demande aux conditions exposées. » Pochette de séance du 31 mars, Archives de l'Académie des Sciences).

9. Voir la lettre de remerciement à d'Argenson du 15 mars 1756 (British Library, Add. manuscripts, 24210, p. 39; la lettre est publiée par Charles Henry « Correspondance inédite de d'Alembert avec Cramer, Lesage, Clairaut, Turgot, Castillon, Béguelin, etc. », ed. Charles Henry, *Bulletino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche* 18, Rome, sept-déc. 1885., p. 23, à la date erronée de 1765).

10. *Nova Tabularum Lunarum Emendatio* (sans date), dont le compte rendu est publié dans le *Mercure de France* de janvier 1756. La Préface des *Recherches* indique « j'ai publié séparément au commencement de cette année 1756, mes nouvelles Tables de correction » (p. vij).

11. Lecture les 24 novembre, 7 et 15 décembre des « Recherches sur la précession des équinoxes et la nutation de l'axe de la Terre dans l'hypothèse de la dissimilitude des méridiens ».

12. Ce procédé qui consiste à faire inclure un texte au dernier moment dans les *Mémoires* à paraître, est à souligner. En principe, les *Mémoires pour 1754* sont des mémoires lus en 1754.

13. *Correspondance de Leonhard Euler avec A.C. Clairaut, J. D'Alembert et J.L. Lagrange*, A.P. Juskevici et R. Taton eds., Bâle, 1980, p. 350. D'Alembert avait envoyé à l'Académie de Berlin des « Observations sur deux mémoires de Mrs Euler et Bernoulli insérés dans les Mémoires de 1753 », datées du 4 novembre 1755 qui ne seront pas publiées.

de Berlin sur la résistance des fluides¹⁴ lui avait été refusé, devant jongler avec les longs délais¹⁵ de publication des *Mémoires*, ne concourant plus pour des prix, D'Alembert doit trouver une nouvelle forme de publication et de publicité pour ses travaux.

Il utilise l'édition ou la réédition de ses traités pour faire des mises au point sur de nouvelles recherches dans des remarques ou appendices qui ne sont pas toujours reliés au sujet principal de l'ouvrage¹⁶, puis dans les *Opuscules* à partir de 1761.

Les articles de l'*Encyclopédie* constituent donc pour lui une vitrine non seulement de ses idées, mais aussi de ses méthodes, comme nous allons le voir. Ils sont également un reflet « adouci »¹⁷ des polémiques du moment, tant philosophiques, métaphysiques, musicales que scientifiques. Cet « adoucissement » rend souvent difficile l'intelligibilité des débats pour un lecteur moderne. Heureusement, la correspondance privée ou *via* les journaux savants nous révèle parfois les tenants et aboutissements de petites phrases perfides.

C'est ainsi que nous savons que la concurrence entre D'Alembert et Clairaut devient une polémique ouverte à partir de 1756, bien que l'objet de leur discorde ne se donne pas à lire clairement au premier abord. Nous verrons que cet article permet de saisir, non une différence d'objectif, mais une différence de démarche et d'alliance. Cette volonté de démarcation renforce l'originalité de la position de D'Alembert, sceptique mais renvoyant *in fine* aux vérités mathématiques. Bien que consacré à la figure de la Terre, ne parlant de controverse qu'à propos de celle quasiment éteinte, qui avait opposé la « secte »¹⁸ des cartésiens aux tenants newtoniens de la vérité, cet article est en fait traversé par les tensions relatives à l'établissement des Tables de la Lune, et plus généralement, à l'organisation des rapports entre théorie et expérience. Trois tandems théoricien-observateur

14. Prix proposé à la séance du 16 novembre 1748 pour l'année 1750 pour lequel D'Alembert avait envoyé un manuscrit. Le prix fut renvoyé par les commissaires (dont Euler) le 21 mai 1750 à l'année 1752. Par une lettre à Formey du 12 décembre 1751 D'Alembert demanda qu'on retire sa pièce du concours, après s'être plaint à Euler (lettre du 10 septembre 1751) de ce traitement. Le prix fut finalement attribué à un mathématicien obscur, Jacob Adami.

15. Entre 2 et 6 ans, et surtout de 1748 à 1760, entre 4 et 6 ans.

16. Appendice à la seconde édition du *Traité de dynamique*, 1770, Appendice à l'*Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides*, 1752, remarques sur la figure de la Terre dans les *Réflexions sur la cause générale des Vents*, 1747.

17. Le terme est celui que D'Alembert emploie dans sa lettre à Maupertuis du 4 août 1752, à propos de l'article CHRONOLOGIE (*Enc.* IV, 294a-297b) : « J'ay remis à Diderot mon article (qui étoit bon) il faudra l'adoucir un peu pour la Sorbonne » (lettre publiée dans RDE 11, p. 30). Il s'agit là de la querelle entre Koenig et Maupertuis : voir l'article d'A.-M. Chouillet, « Du nouveau sur l'*Encyclopédie* : une lettre inédite de D'Alembert », RDE 11, pp. 18-31.

18. Dans les *Réflexions sur la Cause générale des Vents*, 1747, D'Alembert qualifie les cartésiens de « Secte contre la Théorie de la gravitation universelle » (p. x).

sont en effet en compétition : D'Alembert-Le Monnier (auteur des *Institutions astronomiques* auxquelles les articles d'astronomie de l'*Encyclopédie* font allusion), Clairaut-La Caille¹⁹, et Euler-Mayer²⁰.

II. Le contenu de l'article. Comparaison avec celui de l'*Encyclopédie Méthodique* et avec la *Préface des Recherches*.

Tous les savants du dix-huitième siècle désignent par figure de la Terre sa forme, et plus précisément, l'étude de sa déformation par rapport à la sphère. Deux raisons à cela : l'une théorique, l'action de la force centrifuge, plus importante à l'équateur qu'au pôle, et l'autre empirique, l'observation de Jupiter, planète qui tourne très rapidement sur elle-même et que l'on observe aplatie. Ces deux raisons ne peuvent intervenir que dans le contexte qui est celui de la fin du dix-septième siècle européen, dans lequel les astronomes peuvent relier la question de la figure de la Terre à leurs observations et dans lequel des savants comme Newton ou Huygens peuvent traiter cette même question en termes mathématiques. L'apparition de ce type de problématique fait toute l'importance de la catégorie sciences « physico-mathématiques »²¹ ou « mathématiques mixtes »²² de l'*Encyclopédie*.

Ce déplacement dans le champ philosophique vers un traitement mathématique explique qu'il ne soit pas question de la distinction scholastique entre « figure » et « forme ». Ainsi le *Dictionnaire de Trévoux*²³ précise que figure « en terme de Physique, est opposée à la forme essentielle, & signifie seulement, la configuration des corps. Il y a des corps de même nature, mais qui sont seulement de figure différente », d'où « la Terre est de figure sphérique. Saturne paroît quelquefois de figure elliptique, ou

19. Abbé Nicolas Louis de La Caille (1713-1762), associé astronome, connu pour ses Tables solaires.

20. Tobias Mayer (1723-1762), astronome allemand, publia en 1753 des Tables de la Lune utilisant la théorie d'Euler, qui furent adoptées par les astronomes anglais.

21. « Discours préliminaire » de l'*Encyclopédie*, p. 6 « ...l'usage que nous pouvons faire de la Géométrie et de la Mécanique, pour acquérir sur les propriétés des corps, les connaissances les plus variées et les plus profondes. C'est à peu près de cette manière que sont nées toutes les sciences appelées physico-mathématiques. » et p. 7 : « Elle [la Physique générale et expérimentale] diffère des sciences physico-mathématiques, en ce qu'elle n'est proprement qu'un recueil raisonné d'expériences et d'observations; au lieu que celles-ci par l'application des calculs mathématiques à l'expérience, déduisent quelquefois d'une seule et unique observation un grand nombre de conséquences qui tiennent de bien près, par leur certitude, aux vérités géométriques. (...) d'une seule observation sur la pression des fluides, on tire toutes les lois de l'équilibre et du mouvement de ces corps. »

22. Dans l'« explication détaillée du système des connaissances humaines », l'« hydrostatique, qui a pour objet la quantité considérée dans les corps fluides en équilibre, & tendans seulement à se mouvoir » (I, « Discours préliminaire », xlixb) fait partie des mathématiques mixtes (c'est également la catégorie de l'ordre encyclopédique à laquelle renvoie l'article HYDROSTATIQUE de D'Alembert).

23. Tome II, 1732, septième sens de l'entrée « Figure ».

oblongue »²⁴. Il ne reste, dans le milieu savant, qu'un usage qui perdure aujourd'hui, où la figure de la Terre est un cas particulier du chapitre « figure d'équilibre des corps en rotation » des traités de mécanique céleste²⁵.

Dans l'*Encyclopédie*, FIGURE DE LA TERRE appartient aux catégories *Astronomie, Géographie Physique & Mécanique*, ce qui correspond aux parties (et aux renvois), d'astronomie pour l'historique et la mesure astronomique du degré de méridien, aux parties de géographie pour la discussion sur la validité physique des hypothèses mathématiques et la mesure géodésique du degré, et enfin, aux parties de mécanique pour la théorie relevant de la mécanique des fluides et du calcul différentiel et intégral. Dans l'*Encyclopédie Méthodique*²⁶, cet article relève tout simplement de la catégorie *Hydrostatique*. De fait, l'article y est amputé de la première moitié : il correspond à la partie purement hydrostatique (757a-761b), raccourcie de quelques paragraphes²⁷. On voit sur cet exemple les difficultés qui apparaîtraient si l'on voulait regrouper les articles de l'*Encyclopédie* suivant les catégories suggérées par l'ordre encyclopédique.

En suivant le réseau des références, on a accès aux discussions sur l'origine de la Terre (art. TERRE, XVI), sur les Écritures (art. DÉLUGE, IV), mais aussi sur les méthodes des géomètres et l'intérêt des mathématiques : après un bref historique sur la rotondité de la Terre²⁸, D'Alembert fait le seul renvoi non scientifique de l'article :

Mais non-obstant cette opinion des anciens, la non-sphéricité de la Terre doit être regardée comme une découverte qui appartient absolument & uniquement à la philosophie moderne, par les raisons qui ont été exposées dans l'article ÉRUDITION.

Dans cet article, D'Alembert réfute l'opinion conservatrice selon laquelle tout se trouverait déjà écrit chez les philosophes anciens. Il ne suffit pas d'en extraire quelques « idées vagues & informes » :

La plupart des opinions des anciens sur le système du monde, & sur presque tous les objets de la Physique, sont si vagues & si mal prouvées, qu'on n'en peut tirer aucune lumière réelle. On n'y trouve point ces détails précis, exacts, & si profonds qui sont la pierre de touche de la vérité d'un système, [...] (ÉRUDITION, V, 918a).

De l'agencement de ces « détails profonds » résulte la cohérence du système et l'intérêt de l'étude des sciences. La richesse et l'ouverture de ce

24. *Ibid.*, deuxième sens.

25. Par exemple, le t. II du *Traité de mécanique céleste* de F. Tisserand, Paris, 1890 ou le volume *Astronomie*, de la Pléiade, Paris, 1962.

26. Tome second, Panckoucke, 1785, 12a-17b.

27. Dans la *Méthodique*, cette partie est suivie (17b-20a) d'une entrée FIGURE de la Terre (Astron.) signée par Lalande.

28. 749b-750a. Cet historique n'apparaît pas dans la préface des *Recherches*.

domaine justifie à ses yeux « la préférence qu'on donne aujourd'hui à l'étude des Sciences »²⁹ sur la seule érudition. Il va s'attacher, dans la partie « technique » de l'article *FIGURE DE LA TERRE*, à donner une idée des démonstrations et des méthodes dont l'exactitude et la précision concourent à la vérité des théories proposées.

L'article vient coïncider avec la préface des *Recherches* pour montrer « comment on s'est desabusé de cette sphéricité »³⁰. D'Alembert donne à ce propos ce qu'il présente comme une règle générale du progrès de la pensée lorsqu'elle rencontre un obstacle :

Le génie des Philosophes, en cela peu différent de celui des autres hommes, les porte à ne chercher d'abord ni uniformité ni loi dans les phénomènes qu'ils observent; commencent-ils à y remarquer, ou même à y soupçonner quelque marche régulière, ils imaginent aussi-tôt la plus parfaite et la plus simple; bientôt une observation plus suivie les détrompe, & souvent même les ramène à leur premier avis avec assez de précipitation, & comme par une espèce de dépit; enfin une étude longue, assidue, dégagée de prévention & de système, les remet dans les limites du vrai, & leur apprend que pour l'ordinaire la loi des phénomènes n'est ni assez [peu]³¹ composée pour être apperçue tout-d'un-coup, ni aussi simple³² qu'on pourrait le penser, que chaque effet venant presque toujours du concours de plusieurs causes, la manière d'agir de chacune est simple, mais que le résultat de leur action réunie est compliqué, quoique régulier, & que tout se réduit à décomposer ce résultat pour en démêler les différentes parties.

Ce faisant, D'Alembert développe l'argument de l'article *ERUDITION*, mais donne également un exemple d'« éléments primitifs d'une science »³³. Ainsi la mécanique céleste n'a eu accès que peu à peu à la connaissance des orbites elliptiques des planètes, et au fait que celles-ci, y compris les petites irrégularités auxquelles elles sont assujetties, ne dépendent que d'un petit nombre de lois, successivement simplifiées grâce aux travaux de Copernic, Képler et Newton. Ce passage de la sphère à l'ellipse, puis à l'ellipse déformée s'est opéré de la même façon pour la figure de la Terre.

D'Alembert fait ici une longue parenthèse³⁴ sur la mesure du degré de méridien, nécessaire à la détermination de la figure de la Terre. Pourquoi ne renvoie-t-il pas tout simplement à *DEGRÉ* ? Cette parenthèse lui est nécessaire pour expliciter ce en quoi consiste l'exactitude et la précision à laquelle il a été fait allusion plus haut. La mesure du degré dépendant de l'observa-

29. *Ibid.* 916a.

30. 750b-751a. Le texte est identique à celui de la Préface, p. xix-xxi.

31. La Préface (p. xx) contient ce « peu » dont l'omission rend le texte de l'*Encyclopédie* obscur.

32. La Préface remplaçait « simple » par « régulière ».

33. Voir *ELÉMENTS DES SCIENCES*, V, 491a-497a et l'article de V. Le Ru dans le présent numéro.

34. 751a-752b, parenthèse naturellement absente de la Préface.

tion d'étoiles, la précision qui est à l'origine des doutes sur la sphéricité et même sur l'ellipticité vient des corrections que les astronomes ont découvertes, et qui sont dues à la réfraction, la précession, l'aberration et la nutation.

Revenant à l'époque moderne³⁵, il explique comment la notion de force centrifuge, appliquée à la Terre, permet de conclure à un aplatissement dans le sens de son axe de rotation. D'Alembert attribue le fait que cette conséquence n'ait été tirée qu'après que les observations du pendule de Richer en 1792 donnent la pesanteur moindre à l'équateur qu'à Paris, à la « fatalité »³⁶, c'est-à-dire à la difficulté de dégager les principes primitifs. L'expérience joue le rôle de catalyseur, mais n'est pas nécessaire à la démonstration :

Mais il semble, pour le dire en passant, qu'on auroit pû s'en douter sans avoir besoin du secours de l'expérience, puisque les corps à l'équateur étant plus éloignés de l'axe de la terre, la force centrifuge produite par la rotation y est plus grande, & par conséquent, toutes choses d'ailleurs égales, ôte davantage à la pesanteur ; voyez FORCE CENTRIFUGE (VI, 752b).

L'expérience intervient ici de façon différente que lors des premières « preuves » de la rotondité de la Terre que D'Alembert avaient rappelées au début de l'article. Elle confirme un raisonnement de mécanique, lequel étant par ailleurs inséré dans une cohérence théorique plus large, la théorie des forces, justifie en retour l'intérêt apporté à ces variations dans les mesures du pendule, qui auraient pu passer inaperçues ou être attribuées à des erreurs de mesure³⁷.

La rédaction de ce qui suit diffère de la Préface des *Recherches* à l'article de l'*Encyclopédie*. Afin de justifier que la théorie s'applique à la Terre considérée comme un fluide, l'article se contente de considérer que « la terre est en grande partie fluide à sa surface, & [que] l'on peut supposer sans beaucoup d'erreur, qu'elle a à-peu-près la même figure que si elle étoit fluide dans son entier » (VI, 752b), alors que la Préface précise que « cette conséquence supposoit que la Terre eût été primitivement fluide, & qu'en se durcissant elle eût conservé sa première figure. Or cette hypothèse n'étant pas démontrée, la conséquence qu'on en tiroit avoit besoin pour être mise hors d'atteinte d'être vérifiée par l'observation ; on n'en trouva point de plus directe que celle de la mesure des degrés, qui devoient aller

35. 752b et Préface, p.xxi.

36. « C'est ainsi que par une espèce de fatalité attachée à l'avancement des sciences certains faits qui ne sont que des conséquences simples & immédiates des principes connus, demeurent néanmoins souvent ignorés avant que l'observation les découvre. » 752b et Préface, p. xxij.

37. Richer observe en effet qu'en allant de Paris à l'équateur, il doit raccourcir son pendule de quelques millimètres (une ligne un quart), *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences depuis 1666 jusqu'à 1699*, t. VII, p. 320.

en diminuant...» (*Recherches*, xxij). On voit que, de façon encore plus prudente que la Préface, l'article évite toute discussion sur l'origine de la Terre (discussions brièvement évoquées à l'article TERRE³⁸). Le fait que la surface de la Terre soit essentiellement constituée d'eau n'est en effet discutable par personne, mais n'explique pas l'hypothèse d'une Terre entièrement fluide nécessaire à la discussion de l'équilibre chez Newton. Il est assez étrange de voir D'Alembert présenter la mesure du degré comme validation de l'hypothèse d'une Terre « primitivement fluide ». A l'époque, comme pour la plupart des historiens, les différentes mesures du degré (de Picard à Maupertuis en passant par les Cassini³⁹) sont toujours présentées comme devant valider une déformation aplatie ou allongée de la Terre.

Nous nous attardons sur la présentation imbriquée des raisonnements théoriques et des mesures dans les paragraphes qui suivent, car D'Alembert va en venir petit à petit à suggérer que les doutes sur la régularité du sphéroïde terrestre vont croissant avec la précision des mesures. Il résoudra alors habilement cette contradiction en faisant appel à la cohérence que la théorie a acquise dans la première moitié du dix-huitième siècle.

Le point de départ de D'Alembert est l'aplatissement calculé à partir de la théorie de Huygens (une pesanteur centrale conforme à la physique cartésienne), qui vaut 1/578 et celui calculé par Newton à partir de l'attraction de toutes les parties du globe (loi d'attraction universelle inversement proportionnelle au carré de la distance), qui vaut 1/230. Mais « ces deux théories, quoique très-ingénieuses, ne résolvoient pas suffisamment la question de la *figure de la Terre* » (VI, 752b), étant assujetties à l'hypothèse trop réductrice d'une Terre fluide et homogène. Il faut donc mesurer des portions d'arc de méridien (un degré, par exemple, sous différentes latitudes). Cette simple mesure et son interprétation dépendent déjà de considérations géométriques. En effet, si l'on suppose le globe différent d'une sphère, la « verticale », c'est-à-dire la perpendiculaire à la surface en un point donné, ne passe pas nécessairement par le centre. Il faut donc posséder quelques notions de ce que nous appelons aujourd'hui la géométrie différentielle, et comprendre au moins la notion de courbure⁴⁰ afin de conclure correctement que « si la Terre est aplatie vers les poles, il faudra faire moins de chemin sur le méridien près de l'équateur que près du pôle pour gagner ou pour perdre un degré de latitude » (VI, 753a). Ainsi certains savants, « soit inattention, soit faute de connoissances géométriques

38. XVI, en *Géographie et en Physique*, 166a-169b, signé Wolf & Chambers (O), qui renvoie au premier chapitre de l'*Histoire naturelle* de Buffon et à l'article DELUGE.

39. L'histoire de ces mesures a été étudiée sous de nombreux points de vue. On peut par exemple consulter Jean-Etienne Montucla (et Lalande), *Histoire des mathématiques*, t. IV, p. 137-206, Paris, an X ou Lacombe Henri et Costabel Pierre ed., *La figure de la Terre du XVIII^e siècle à l'ère spatiale*, Gauthier-Villars, 1988.

40. D'où les renvois à DÉVELOPPÉE et OSCULATEUR.

suffisantes » s'étaient trompés en interprétant les mesures de Picard. Le raisonnement corrigé, il restait les mesures de la triangulation en France faites par les Cassini père et fils⁴¹ qui faisaient une Terre allongée.

Telle est l'origine d'un des points de controverse entre cartésiens et newtoniens. D'Alembert entend ainsi clairement faire comprendre que le débat ne se situait alors pas entre deux discours issus du même ordre des raisons. Descartes lui-même n'aurait pas reconnu ses « sectateurs ». C'est cet argument que l'on retrouve dans le « Discours préliminaire » (p. 29) :

Au contraire, ce n'est qu'à force de méditation que l'esprit parvient à ce qu'il cherche ; mais par cette raison il veut jouir aussi longtemps qu'il a cherché, surtout lorsqu'il ne s'agit que d'une philosophie hypothétique et conjecturale [celle des cartésiens], beaucoup plus riante que des calculs et des combinaisons exactes [ceux des newtoniens]. [...] Respectons toujours Descartes. [...] Surtout ne confondons point sa cause avec celle de ses sectateurs.

Maupertuis ramena de Laponie une mesure qui donnait un aplatissement de $1/174$ et « enfin la mesure du Nord fut victorieuse » (VI, 754a). C'est ce que confirma l'ouvrage de Cassini de Thury en 1740. Mais plus les mesures étaient précises, plus leurs divergences par rapport au modèle parfait de l'ellipsoïde posaient problème : vérifications après vérifications⁴², se posait la question de ce que l'on pouvait légitimement attribuer aux « erreurs inévitables de l'observation » (VI, 754b). L'abondance des données numériques dans ce passage de l'article *FIGURE DE LA TERRE* peut donner le vertige au lecteur néophyte qui s'en remettra d'autant plus volontiers au discernement du géomètre par la suite. Elle est aussi d'actualité au moment où D'Alembert rédige l'article⁴³ : le 19 juin 1756, Le Monnier lit quelques articles de sa traduction de Keill⁴⁴ relatifs à la base de M. Picard, M. Bouguer intervient et l'Académie des Sciences décide qu'il sera fait une nouvelle mesure des triangles de Picard puis, le 23 juin, Le Monnier dépose la toise du Nord à l'Académie et donne un abrégé de l'histoire des toises⁴⁵.

Si l'on s'attarde, comme D'Alembert nous y invite, à la comparaison des mesures du Nord, du Pérou, de La Caille (1752) au Cap de Bonne

41. *De la grandeur et de la figure de la Terre*, 1718 (VI, 753b).

42. De la base de Picard, en particulier, et D'Alembert fait allusion à la discussion entre La Condamine et Bouguer.

43. C'est-à-dire après la Préface, qui ne contient pas ce détail.

44. Le Monnier est l'auteur des *Institutions astronomiques* auxquelles D'Alembert fait souvent allusion dans l'*Encyclopédie* et dont il se fait livrer un exemplaire par les libraires de l'*Encyclopédie* en 1753. Il traduit l'ouvrage de Keill, *Introductio ad veram astronomiam*, Londres, 1726, trad. anglaise, 1730, en français en 1746.

45. Procès-verbaux de l'Académie des Sciences, des 19, 23 et 26 juin 1756. Huit commissaires avaient été nommés à cet effet : Bouguer, Camus, Thury, Pingré d'une part, Godin, Clairaut, Le Monnier et La Caille de l'autre.

Espérance, et, plus proche encore, de Boscovich⁴⁶ en Italie, on ne peut que douter tout d'abord que les deux hémisphères soient semblables, puis que les méridiens soient tous identiques, c'est-à-dire que le globe soit une figure de révolution (VI, 755b). Au tournant de l'article, D'Alembert peut donc affirmer :

Il ne manque plus rien, comme l'on voit, pour rendre la *figure de la Terre* aussi incertaine que le pyrrhonisme peut le désirer⁴⁷

Avant de donner sa propre position sur la question⁴⁸, D'Alembert rappelle les mesures de variation de la longueur du pendule, liées à la variation de la gravitation terrestre, qui apportent un peu plus de doutes, si besoin était. Le recours à la théorie hydrostatique, à l'évidence de ses principes comme à la fiabilité de ses conclusions s'avère alors nécessaire.

Il va donc faire l'exposé des idées qui gouvernent les démonstrations de Huygens (1690), Newton (1687, 1713), Bouguer et Maupertuis (1734), Stirling (1735), Clairaut (1738), Mac Laurin (1740) et surtout donner une liste des propositions importantes du traité de Clairaut⁴⁹, qui envisage ses calculs différentiels dans le cadre d'une Terre constituée de couches de différentes densités⁵⁰. Ayant fait l'éloge du traité incontournable de Clairaut, D'Alembert va pouvoir présenter ses propres travaux, essentiellement ce que contient le tome III de ses *Recherches*, qui utilise des démonstrations de ses *Réflexions sur la Cause générale des Vents* (1746), et de son *Essai sur la résistance des fluides* (1752)⁵¹, renvoyant par ailleurs à l'article HYDROSTATIQUE.

Le lecteur doit retenir de cette présentation que la discussion appartient désormais au domaine du calcul différentiel et intégral (l'objectif étant de trouver une équation générale des couches, puis de l'intégrer, 758a, ou une expression approchée de l'attraction grâce aux développements en séries, 758b). Seules ces compétences analytiques permettent de tenir

46. L'ouvrage de Maire et Boscovich auquel D'Alembert fait allusion parut à Rome en 1755 sous le titre *De Litteraria Expeditione per Pontificiam Ditionem*. Boscovich critiquera l'article FIGURE DE LA TERRE et en particulier la prise en considération de l'irrégularité terrestre, dès 1760, dans le commentaire d'un poème de Stay, *Philosophiae Recentioris a Benedicto Stay...*

47. VI, 755b et Préface, p. xxv.

48. D'Alembert dit « Avant de porter notre jugement sur l'état présent de cette grande question de la *figure de la Terre* » (VI, 756b). Nous verrons que ce jugement est loin d'être simple.

49. *Théorie de la figure de la Terre, tirée des principes de l'hydrostatique*, Paris, 1743. Pour une explication détaillée de ces théories et de leur insertion dans le contexte conceptuel et institutionnel, voir Irène Passeron, *Clairaut et la figure de la Terre au XVIII^e siècle, cristallisation d'un nouveau style autour d'une pratique physico-mathématique*, Thèse, Paris 7, 1994 et John. L. Greenberg, *The Problem of the Earth's Shape from Newton to Clairaut*, Cambridge U.P., 1995.

50. VI, 757a-758a. C'est à partir de là que la *Méthodique* a utilisé l'article de D'Alembert.

51. VI, 758b. La *Méthodique* cite également ses *Opuscules*, V.

compte de l'ajout de conditions par rapport aux modèles trop simples des premières théories : action du Soleil et de la Lune, sphéroïde hétérogène, couches qui ne soient pas nécessairement de niveau, autres figures qu'elliptiques. Enfin, dernière généralisation qui permet d'inclure l'hétérogénéité des mesures de degrés, sa théorie permet de faire les calculs dans le cas où les méridiens ne sont pas semblables. Notons qu'une étude de ces travaux, peu clairs pour les contemporains, mettrait en évidence leur pertinence mathématique, et leur inefficacité pratique.

D'Alembert travaillant en 1756 à ces conséquences analytiques de la dissimilitude des méridiens, va consacrer la fin de son article⁵² à l'examen de l'opinion « Si la Terre se trouvoit avoir en effet une figure irrégulière » (VI, 758b). Il reprend donc toutes les objections possibles à la régularité, ce qui éclaire nombre de passages des *Recherches*, qui n'en sont que les réponses, ou, à tout le moins, l'inscription à l'intérieur de limites analytiques restrictives. Ce passage est également la réponse d'un géomètre encyclopédiste à un géomètre jésuite, à savoir Boscovich. Il est intéressant de noter que son outil est l'analyse différentielle, comme elle l'avait été pour Maupertuis et Clairaut contre les cartésiens.

Le principe de cohérence, en particulier avec les résultats de ses recherches sur la précession des équinoxes⁵³, lui permet de restreindre sa critique :

Ainsi de toutes les raisons qu'on apporte pour soutenir que les méridiens sont dissemblables, la seule de quelque poids, est la différence du degré mesuré en Italie, & du degré mesuré en France, à une latitude pareille & sous un autre méridien (VI, 760a et Préface, p. 32).

Or, une fois récusés tous les arguments physiques qui auraient pu les étayer, ces observations dépendent d'une trop petite différence de mesure pour être indiscutables. A n'exister qu'en tant qu'observations, elles ne peuvent prendre valeur de preuve qu'en étant multipliées dans des conditions différentes, c'est-à-dire répétées « dans des lieux très-éloignés » et confrontées aux mesures du pendule « sous la même latitude, à des longitudes extrêmement différentes ».

In fine, D'Alembert renvoie à la vérification que va effectuer Le Monnier de la base de Picard⁵⁴. Si la mesure jusque là utilisée est confirmée, la mesure de Boscovich est à réévaluer. Sinon, c'est l'hypothèse ellip-

52. VI, 758b-761b et Préface, pp. 27-42.

53. Rappelons qu'il s'agit d'un avant-goût de son mémoire « De la précession des équinoxes et de la nutation de l'axe de la Terre dans l'hypothèse de la dissimilitude des méridiens », lu à l'Académie des Sciences à la fin de 1756, et publié en 59 dans les *Mémoires pour 1754*.

54. Le Monnier n'est pas le seul à s'intéresser à la question, mais il est l'astronome privilégié de D'Alembert dans le jeu des alliances académiques. Celui-ci justifiera l'utilisation des *Institutions astronomiques* dans la réponse qu'il fera au *Mercur de France* de septembre 1757, pp. 109-120.

tique qu'il faut remettre en cause, et les mesures ne peuvent alors prendre sens qu'au regard de la théorie généralisée proposée par D'Alembert.

III. *Le rôle du doute. Le type de lecture qui en découle.*

Avant de conclure, l'auteur offre au lecteur un maigre et bien peu motivant paragraphe « sur l'utilité » de la grande question de la figure de la Terre. Il est clair qu'à ses yeux, l'utilisation primait l'utilité. Par un jeu rhétorique bien mené, l'article se clôt sur ce qui ouvre la Préface:

Je crains encore plus qu'on ne fasse aux Savans une espece de reproche, quoique très-mal fondé, de l'incertitude où ils sont encore sur la *figure de la Terre*, après plus de 80 ans de travaux entrepris pour la déterminer. Ce qui doit néanmoins me rassurer, c'est que j'ai principalement destiné l'article qu'on vient de lire, à ceux qui s'intéressent vraiment au progrès des Sciences; qui savent que le vrai moyen de le hâter est de bien démêler tout ce qui peut le suspendre; qui connoissent enfin les bornes de notre esprit & de nos efforts, & les obstacles que la nature oppose à nos recherches: espece de lecteurs à laquelle seule les Savans doivent faire attention, & non cette partie du public indifférente & curieuse, qui plus avide du nouveau que du vrai, use tout en se contentant de tout effleurer (VI, 761b).

Heureusement l'espèce de Lecteurs à qui cet Ouvrage est destiné, s'intéresse sincèrement à tout ce qui contribue réellement au progrès des Sciences, même en paroissant le suspendre; c'est aussi uniquement à cette espèce de Lecteurs que je vais parler (Préface, p. xix).

Lorsque D'Alembert veut rallier le lecteur à son parti, il lui demande de « savoir attendre et douter » (VI, 761b et derniers mots de la Préface, p. xlij). A la lumière de ce qui précède, que devons-nous comprendre? Qu'il existe des domaines de la connaissance, la théorie des fluides, l'étude des mouvements des corps soumis à l'attraction newtonienne, qui ne peuvent se déduire entièrement de principes théoriques, de vérités nécessaires⁵⁵. Mais il appartient à la théorie de régenter les observations qui doivent y intervenir, de les susciter, de les attendre, et ce faisant, de forger les outils analytiques susceptibles d'intégrer le plus de variations possibles des paramètres. C'est ce type de généralisation qui amène D'Alembert à envisager dans les *Recherches* des hypothèses (forces particulières, formes d'équilibre non elliptiques) qui aboutissent à des formules d'utilité *a posteriori* obscure.

Seule une analyse transversale des œuvres et des polémiques engagées permet de restituer le mouvement de sa pensée et la dynamique de ses

55. Voir l'article FLUIDE (VI, 885b) où D'Alembert explique pourquoi le principe d'équilibre des corps ne suffit pas à déterminer les lois de l'hydrostatique. Voir également l'article d'A. Firode dans ce numéro de RDE sur le rôle joué par la distinction entre vérités nécessaires et contingentes dans l'épistémologie de D'Alembert.

doutes. A cet égard, il est intéressant d'étudier les « paradoxes » que D'Alembert propose, et en particulier celui qu'il décrit en détail dans l'article GRAVITATION (VII, 872b-873a), reprenant une démonstration du tome III des *Recherches* (p. 197-199). Pour expliquer la discontinuité de l'attraction exercée par une coquille sphérique lorsque l'on passe de l'extérieur à l'intérieur, D'Alembert n'envisage pas d'interprétation physique, mais fournit une analogie géométrique justifiant l'existence d'une « quantité qui s'évanouit tout d'un coup sans disparaître par degrés », que l'on doit rapprocher de ses discussions avec Euler. C'est sur cette suggestion que nous terminerons, puisque, comme aime à le dire D'Alembert, « il est temps de finir cet article ». Retenons néanmoins que ce paradoxe disparaîtra de l'article GRAVITATION de la *Méthodique*⁵⁶, bien que sa destinée mathématique ne se soit pas arrêtée là. De la même façon, les nombreuses recherches de D'Alembert sur la figure de la Terre ne sont pas passées à la postérité, bien que ses méthodes aient probablement influencé les travaux mathématiques plus connus de Laplace et Legendre sur les développements en séries trigonométriques. Par ailleurs, la hiérarchie des éléments du doute que D'Alembert propose dans cet article se retrouve dans nombre d'autres combats théoriques qu'il dut mener, et que nous n'avons fait qu'effleurer.

Irène PASSERON
Centre A. Koyré
Pavillon Chevreul
57, rue Cuvier
750005 Paris

56. Remplacé par une partie rédigée par Lalande, envers qui D'Alembert nourrissait une forte animosité, puisqu'il le traitait de « petit drôle qui se mele de tout et qui ne sait rien », lettre à Frisi du 11 décembre 1764 (publiée par J. Pappas, « Les relations entre Frisi et D'Alembert », *Ideologia e scienza nell'opera di Paolo Frisi (1728-1784)*, Milan, 1987, pp. 151-152).