

1986 - 9(2)

SOMMAIRE CONTENTS INHOUD

[Agenda](#)

[Miscellanea](#)

[A. Koeckelenbergh. - A propos de la Comète de Halley. Grandeurs et terreurs cométaires](#)

[R. - A. Blondeau. - Kometengeschiedenis van Aristoteles tot Halley](#)

[A. G. Debus. - The History of Science Today](#)

[Recensiones](#)

AGENDA

* 1986-09-11 -> 86-09-14, Amsterdam:

The sixth International Coronelli Symposium organized jointly by Rijksmuseum Nederlands Scheepvaart Museum, Amsterdam & Internationale Coronelli – Gesellschaft für Globen - und Instrumentenkunde, Wien. Theme: old globes, spheres, planetaries etc. (Coronelli Society of the Nederlands Scheepvaart Museum, att. Mr W.F.J. Moerzer Bruyns, Kattenburgerplein, 1, NL-1018 KK Amsterdam).

* 1986-10-22 -> 86-10-23, London:

A century of Nitrogen Fixation Research : present status and future prospects. (Ms. C.A. Johnson - The Royal Society - 6 Carlton House Terrace, London SW1 5AG).

* 1986-11-26 -> 86-11-29, Liège:

Colloque « L'animal dans l'alimentation humaine, les critères de choix » (Service « Colloques et Congrès », Université de Liège, Place du 20-Août, 32, 4000 Liège).

JEAN C. BAUDET

**Les Ingénieurs belges
de la machine à vapeur à l'an 2000**

Un volume richement illustré de 171 pages,
édité par l'APPS (Bruxelles).

Vous sera envoyé, franco de port, dès versement
au CCP 000-0702565-91 de l'APPS, avec la mention
« Les Ingénieurs Belges ».

Belgique : 650 FB Etranger : 750 FB

Informations : APPS,
avenue de l'Amarante 26, 1020 Bruxelles
tél. 02/268 29 33

MISCELLANEA

Rijksuniversiteit Gent Sarton Leerstoel voor geschiedenis en filosofie van de wetenschappen aan de Rijksuniversiteit Gent

In 1985, naar aanleiding van de 100ste verjaardag van George Sarton, heeft de Raad van Beheer van de Rijksuniversiteit Gent beslist een Leerstoel George Sarton op te richten. Elk jaar wordt de Leerstoel toegekend aan een wetenschapper die zich onderscheiden heeft op het domein van de geschiedenis en de filosofie van de wetenschappen. Daarnaast worden ook elk jaar maximaal vijf Sarton medailles toegekend aan nationale of internationale persoonlijkheden voor hun verdiensten op deze domeinen. De eerste Leerstoel werd toegekend door het door de Raad van Beheer samengesteld Sarton Comité bestaande uit de professoren M. Thiery, J. Quackelbeen, M. De Boodt, F. Vandamme, F. Lox, K. De Clerck, T. Fransen, L. Martens, J. Hoorens, F. Verschooten en R. Mertens, aan prof. Robert K. Merton, Professor Emeritus, Columbia University of the City of New York, voor zijn belangrijk oeuvre op het domein. Het is daarbij ook een gelegenheid om deze eerste leerling van George Sarton in de bloemen te zetten.

Als medaillehouders werden door het Sarton Comité de volgende laureaten verkozen:

1. Faculteit Geneeskunde: Prof. Dr. Med. H. Schadewaldt, Universiteit Dusseldorf.
2. Faculteit Letteren en Wijsbegeerte: Dr. H. Elkhadem, Nationaal Centrum voor de Geschiedenis van de Wetenschappen, Brussel.
3. Faculteit Rechten : Prof. J. Quintyn, Rijksuniversiteit Gent.
4. Faculteit Diergeneeskunde : Dr. Mammerickx, Brussel.
5. Faculteit Psychologie: Prof. L. Assoun, Universiteit Nijmegen.

Prof. Robert K. Merton zal zijn inaugurale les geven op 28 november 1986. Op dezelfde plechtigheid zullen ook de Sarton medailles overhandigd worden.

Elk van de medaillehouders zal ook één of meerdere lezingen houden betreffende zijn specialiteit aan de Rijksuniversiteit Gent. Tijd en plaats zullen later meegedeeld worden. Alle geïnteresseerden worden hierbij vriendelijk uitgenodigd.

Académie Royale de Belgique

Du 25 avril au 8 juin 1986, l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique a organisé, au Palais des Académies, (1, rue Ducale, 1000 Bruxelles) une exposition intitulée « Halley, la Comète, Newton et d'autres ... ».

Cette exposition qui veut intéresser un large public développe grâce à cinq cents documents (maquettes, photographies, livres précieux, gravures, ...) prêtés par de nombreuses institutions scientifiques belges et étrangères telles que l'Université de Cambridge, l'Observatoire de Paris et l'Institut d'Astrophysique de Liège par exemple, aussi bien les aspects historique et scientifique du phénomène que ses éléments littéraire et artistique. Ces documents sont commentés dans un catalogue de 280 pages largement illustré. (Prix 500 francs).

Cette manifestation se situe également dans le contexte de la célébration du tricentenaire de la décision, par la Royal Society de Londres, de publier, le 19 mai 1686, les *Principia* de Newton, œuvre fondamentale à laquelle est intimement liée la personnalité d'Edmond Halley.

Bedeutung des un-

gewöhnlichen gesichts / so genest ist ein Comet /

Welcher / nach dem abnemenden Diertayl des

Mons / am tag Ruperti / vnd daruo: nit weyt

vom Mon / im zaihen des Löwen / vnd

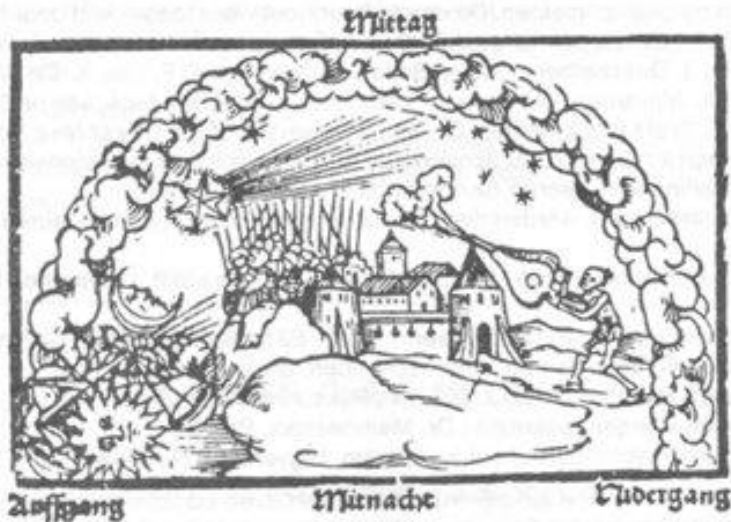
darnach vil tag auch gesehen wor:

den / Durch Maister Mathiä

Brotbeyhel von Rauff

bewren beschriben.

M.D.XXXII.



Page de titre d'un écrit sur la comète de 1532 (d'après J. Hamel, Mitt. Achenbold Stern n° 157 et Die Sterne, 60, 1984)



Placard datant de 1581 présentant la Comète comme source de guerres, d'épidémies et de mort (d'après J. Hamel, loc. cit.).

A PROPOS DE LA COMETE DE HALLEY GRANDEURS ET TERREURS COMETAIRES

André KOECKELENBERGH

*Observatoire Royal de Belgique
Université Libre de Bruxelles*

Résumé

Dans la première partie de son article, l'auteur rappelle la terreur que provoquaient les comètes jusqu'au XVIIIème siècle. Cette attitude très répandue disparut sans doute après cette date mais au retour de la comète de Halley en 1910, des prédictions nouvelles annoncèrent néanmoins de terribles catastrophes et se répandirent dans le monde entier. L'auteur met en évidence les effets de ces prédictions sur la vie sociale, économique et morale de cette époque.

Dans la deuxième partie de son article, l'auteur étudie la nature des comètes et expose les efforts faits pour observer la comète de Halley *in situ* lors de son passage en 1986 et répond finalement à la question sur l'utilité qu'il y a à observer les comètes.

Samenvatting

In het eerste deel van zijn artikel herinnert de auteur aan de paniek die tot de 18e eeuw veroorzaakt werd door het verschijnen van kometen. Deze houding verdween toen weliswaar, maar bij de terugkeer van de komeet van Halley in 1910 doken er toch in de ganse wereld opnieuw voorspellingen van vreselijke rampen op. De auteur wijst op de gevolgen die deze voorspellingen hadden op het sociale, economische en zedelijke leven van de tijd.

In het tweede deel van zijn artikel bestudeert de auteur de aard der kometen, en wijst hij op de inspanningen die geleverd zijn op de komeet van Halley bij haar doortocht in 1986 *in situ* te observeren. Tenslotte gaat hij dieper in op het nut van waarnemingen van kometen.

Abstract

In the first part of his essay the author discusses how comets were considered, until the 18th century, source of fear and terror. In spite of the fact that this general attitude died out after this date in 1910, with the return of Halley's Comet new predictions, which foresaw terrible catastrophes, were spreading all over the world. The author points out their effects on social, economic and moral life of the time.

In the second part of his essay the author examines the nature of the comets. He also exposes the efforts that were made for the study *in situ* of Halley's Comet in its return in 1986. The author finally answers the question: what is the use of studying comets.

I

« ces astres, après avoir été si longtemps la terreur du monde sont tombés tout a coup dans un tel discrédit, qu'on ne les croit plus coupables de causer que des rhumes ».
P.L. de Maupertuis (1698-1759).

Au premier siècle avant notre ère, Diodore de Sicile raconte: « la première année de la cent deuxième olympiade (370 av. J.C.) plusieurs prodiges annoncèrent aux Lacédémoniens leur humiliation prochaine: un flambeau ardent d'une grandeur extraordinaire parut pendant plusieurs nuits ». Astres horribles, présages funestes, les comètes par la soudaineté de leur apparition, leur développement rapide et leur éclat anormal ont toujours profondément impressionné les peuples et peuvent servir de jalon chronologique tant les chroniqueurs s'y réfèrent.

C'est à Newton (1643-1727) et à Halley (1656-1742) que le siècle des lumières pourra emprunter les « sereines et rassurantes conceptions de la science contemporaine » (A. Guillemin, 1875) sur lesquelles s'appuieront les astronomes du XIXème siècle pour faire reculer les croyances puériles des temps anciens. On verra plus loin que celles-ci trouvèrent, en 1910, dans la science elle-même, l'aliment de craintes renouées.

En 1667, Stanislas de Lubienietz fit paraître à Amsterdam un énorme volume, le *Theatrum Cometicum*, qui rassemble les observations plus ou moins authentiques des comètes ou objets célestes y assimilés dont les hommes ont été les témoins depuis ... le déluge. L'astronome Camille Flammarion (1842-1925) y trouve mention d'une comète dont il est vraisemblable qu'elle fut la plus ancienne apparition de l'objet 1982i, mieux connu sous le nom de P/Halley, comète périodique de Halley. Il fait la remarque que, si cette comète fait partie des astres parfois visibles à l'œil nu, « astromiquement parlant, ce n'est qu'une comète fort modeste, bien inférieure à celles qui ne sont pas oubliées de 1811, 1843, 1858, 1861, 1882 ». Ce commentaire date de 1910 (*L'Astronomie*, vol. 24, p. 194) et prépare les observations du retour de Halley prévu pour cette même année.

L'importance de P/ Halley dans l'histoire de l'astronomie tient à son caractère périodique et aux conséquences qu'eut la mise en évidence de cette périodicité pour l'histoire de la pensée scientifique. [[En 1913, Georges Bigourdan édite un intéressant traité *L'astronomie, l'évolution des idées et des méthodes*, dans la table alphabétique duquel le mot comète n'est pas repris (non plus que météores, bolides, aérolithes ou étoiles filantes). Halley est cité huit fois sans l'ombre d'une allusion à la comète qui le rendit célèbre. Ceci est d'autant plus plaisant que l'auteur, astronome, rédigeait son travail (copyright en 1911) au moment du retour de 1910, qu'il l'a édité chez Flammarion éditeur et frère de Camille et, qu'en 1927, il compilera une liste de comètes historiques qui fait autorité (*Ann. Bur. des Long.*). Il existe heureusement une *Histoire de l'astronomie* de Doublet publiée en 1922 qui consacre plus de place à Halley et rappelle que Voltaire (*Epître à Madame du Châtelet*), Victor Hugo (*La Légende des siècles*) et Sully Prudhomme (*Epreuves*), qui était polytechnicien, célèbrent sa gloire.]]

Edmund Halley n'avait pas trente ans quand il convainquit Newton d'éditer ses *Principia* (1686), on lui doit une carte du magnétisme terrestre, l'hypothèse du champ magnétique dipolaire, l'idée de la détermination de la parallaxe solaire (évaluation de la distance moyenne Soleil-Terre ou Unité Astronomique de distance) par l'observation des passages des planètes intérieures, Mercure et Vénus, devant le disque solaire, en outre il édita les œuvres d'Apollonius traitant des sections coniques si utiles en mécanique céleste. En 1679, de passage à Copenhague, il se lia avec Hévélius dont il fit l'étude des méthodes d'observation. Il observa vers 1680 une comète [[Hoefler (*Histoire de l'Astronomie*, 1873, pp. 461-462) attribue cet événement à la comète de 1681-1682 en rapportant qu'Halley l'observa « pendant un voyage en France ». Par contre Doublet (*op. cit.* pp. 334-335) fixe ce voyage en 1680 et écrit: « il se trouvait à mi-route entre Calais et Paris quand il remarqua la fameuse comète de 1680... ». Dans son *Histoire de la Science* (1965), Pierre Rousseau emprunte aux deux auteurs des fragments difficilement conciliables: « ... 1679... l'année suivante ... une superbe comète apparut... L'astre chevelu passa, puis se perdit dans le rayonnement solaire. Sur ces

entrefaites, Halley partit en France en 1682. Il était à mi-route entre Calais et Paris quand il aperçut une autre comète, exactement pareille à la première, mais passée de l'autre côté du Soleil et orientée juste à l'opposée. Si c'était la même? se demanda-t-il ». Ce ne pouvait être la même. Admirons en passant l'ingénuité du « exactement pareille » tout aussi impossible.]] dont Doerfel, disciple d'Hévélius, calcula l'orbite parabolique et dont Newton montra qu'il pouvait s'agir d'une ellipse très allongée. On était dès lors en droit d'en inférer la périodicité des comètes et leur appartenance au système solaire. Halley appliqua la méthode préconisée par Newton à vingt quatre séquences d'observations cométaires faites dans le passé. Il identifia à la comète de 1682, qu'il avait observée, celles de 1607, de 1531 et vraisemblablement de 1456. Il prédit (en 1704) son retour pour les années 1758-1759.

En ce qui concerne la comète de 1682, Doerfel disposait d'observations faites en novembre 1681 par Kirsch à Cobourg et par lui même à Plauen. Elle disparut dans les feux du Soleil au début décembre 1681 et fut réobservée par chance de l'autre côté de l'astre du jour dès la fin décembre jusqu'en mars 1682. Alors que souvent deux séries d'observations relatives à des comètes observées successivement en avant et en arrière du Soleil étaient notées comme relatives à deux comètes différentes (Képler leur attribuait un mouvement rectiligne) Doerfel acquit la conviction qu'il s'agissait du même astre dont il fixa, par observation, les nœuds ascendant et descendant de l'orbite (c'est-à-dire l'orientation de l'intersection du plan orbital cométaire par rapport au plan de l'orbite terrestre, écliptique). Halley en calcula les éléments, désormais historiques, dont l'identité avec ceux qu'il évalua pour la comète de 1607, observée par Képler et Longomontanus, et celle de 1531 rapportée par Apian, le convainquit de la périodicité d'environ 76 ans de l'objet céleste auquel la postérité associa son nom.

Dans ses prévisions pour le passage de 1758-1759, Halley ne tint pas compte des actions perturbatrices des planètes sur le mouvement de « sa » comète. Il fixa le retour au périhélie pour décembre 1758. C'est au mathématicien Alexis Clairaut (1713-1765) associé aux calculateurs Jérôme de Lalande et Hortense Lepaute [[Hortense Lepaute, dont *Le Gentil de la Galissière* (1725-1792) retour des Indes en 1771, après avoir tenté en vain d'observer les passages de Vénus devant le Soleil les 6 juin 1761 et 9 juin 1769, fit la marraine de l'Hortensia.]] qu'il revint d'en établir la théorie et d'en prévoir le passage au périhélie pour le 13 avril 1759 [[Selon Doublet, il s'agirait du 3 avril (*op. cit.* p. 433). Mais J. Sauval (*Ciel et Terre*, vol. 101, 5-6, 1985, p. 210) précise trente deux jours d'écart. On peut penser qu'il s'agit d'une cocquille typographique (oubli de 1 dans 13).]]. Il eut lieu effectivement le 12 mars. C'était le triomphe de la mécanique Newtonienne!

	1681 - 1682	1607	1531	1986
inclinaison i	17°42'	17°2'	17°56'	17°,76068
sens	rétrograde	rétrograde	rétrograde	rétrograde
logitude du nœud Ω	50°48'	50°21'	49°25'	58°,14397
argument du périhélie ω	301°36'	301°16'	301°39'	291°,86
distance périhélique q	0,58 UA	0,58 UA	0,57 UA	0,5870992 UA

Les éléments de 1986 sont rapportés aux conventions anciennes, on donne actuellement $i = 162°,23932$ et $\omega = 111°,84658$.

d'interpréter la différence de 32 jours constatée entre les prévisions et les observations. A l'occasion du retour prévu pour 1835 on tint compte des perturbations dues à Uranus. Damoiseau, Pontécoulant et Rosenberger ramenèrent cette différence à quatre jours (16 novembre 1835). On sait aujourd'hui que ce petit résidu, qui subsistait encore en 1910 (trois jours), s'explique par des interactions non gravitationnelles dues notamment à la perte de masse lors de chaque passage et à la rotation du noyau cométaire.

Le retentissement du succès des prévisions de Halley, affinées par Clairaut (Messier retrouva la comète dès le mois de septembre 1758), fut considérable. Il assit définitivement la théorie de la gravitation universelle et la mécanique selon Newton. Il démystifia définitivement les comètes dont la masse insignifiante ne présente aucun danger pour notre Terre. les dimensions du noyau solide sont extrêmement réduites avec une extension considérable de la chevelure qui l'entoure et de la queue qui s'oriente à l'opposée du Soleil. On peut considérer que les légendes et les propriétés fantaisistes attribuées aux comètes cessèrent d'être prises au sérieux dès le milieu du XVIIIème siècle.

Pourtant, en 1910, le retour de la comète de Halley engendra à nouveau l'inquiétude. En effet la Terre passerait dans la queue cométaire... à condition qu'elle soit assez longue, assez droite et assez large. La nature physique de cette queue, la dimension des particules et les propriétés des gaz qui la constituent étaient mal connus au début du vingtième siècle. Selon leur tempérament les uns se virent « criblés » de météoroïdes telles des projectiles de mitrailleuse, les autres « immergés » dans une haleine méphitique et mortelle. En effet, l'astrophysique est déjà en mesure de montrer l'association comètes - queues de comètes - étoiles filantes et de préciser les premiers composants identifiés dans les chevelures. En 1868, Huggins confirme une observation de Donati faite en 1864 et identifie la molécule de Carbone C2 (bande de Swan). En 1881 Huggins et Draper découvrent le radical CN (cyanogène) et en 1907 on découvre le CO+. Lorsqu'on les interroge à la veille du retour de 1910, les astronomes sont naïvement fiers de présenter les progrès remarquables qu'ils ont accompli quant à la connaissance de la nature chimique des comètes. La presse a vite fait d'amplifier la nouvelle: lorsque notre Terre sera au plus proche de la comète et qu'elle sera frôlée par sa queue, l'atmosphère sera empoisonnée par des gaz mortels. Le radical CN devient du « cyanure » poison bien connu et CO+ devient les non moins dangereux anhydride carbonique et oxyde de carbone.

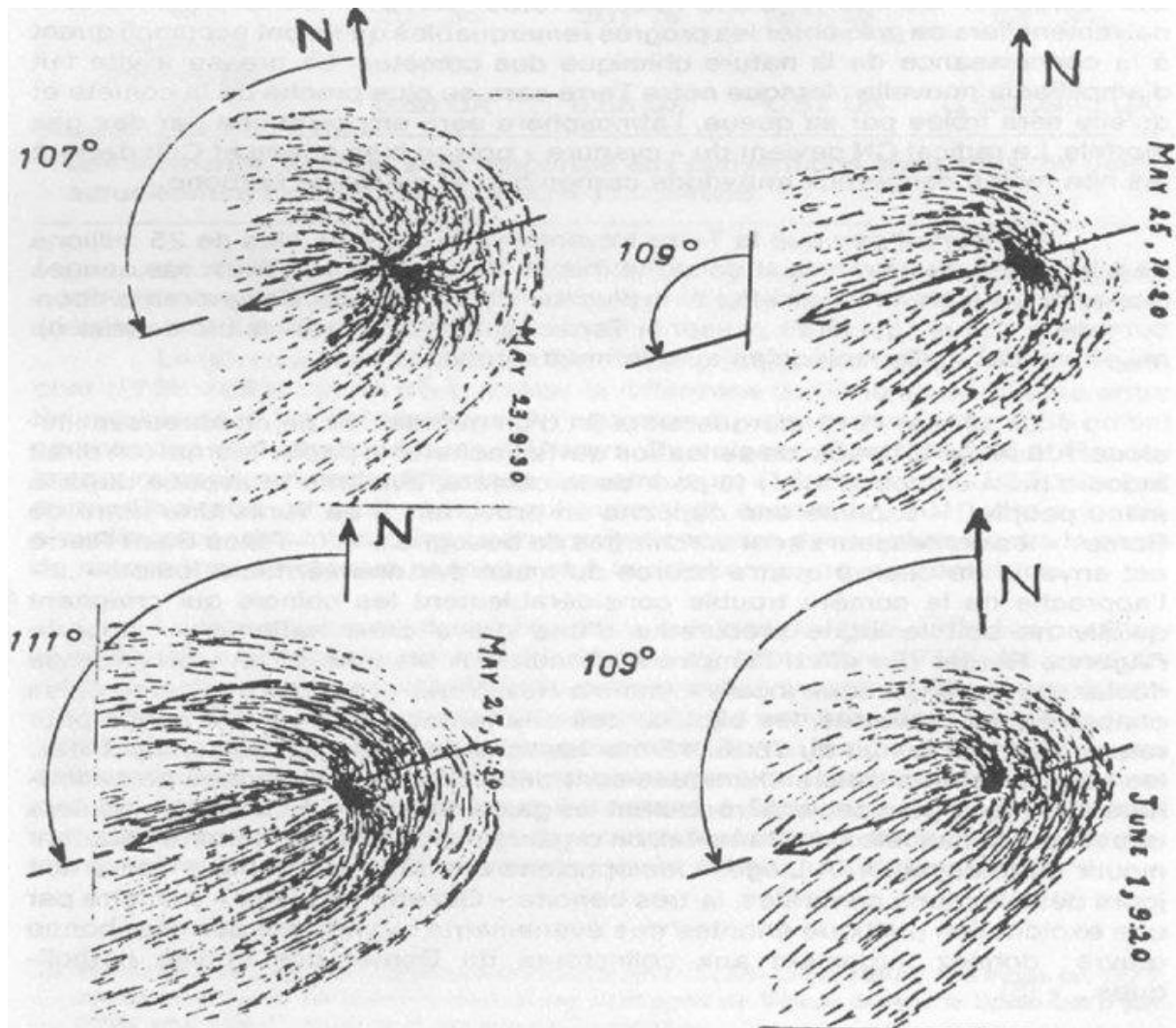
Il importait peu que la Terre traverserait la queue à plus de 25 millions de kilomètres du noyau (soit soixante fois la distance de la Lune) : les queues des comètes s'étendent en effet bien plus loin dans l'espace. On ignorait la courbure de la queue (qui ferait passer la Terre... à côté) et la très faible densité du milieu caudal (mille molécules au centimètre cube).

Le 19 mai 1910 marquerait la fin d'un monde... et de nombreuses illusions. Attisé par le besoin de sensation qui fait acheter le papier journal (on dirait aujourd'hui « un scoop »)... « la peur de la comète, évidente et avouée dans le menu peuple... » exprime une dépêche en provenance de Turin. Une autre de Rome: « les confesseurs sont surchargés de besogne... » ... « Place Saint Pierre est envahie de deux à quatre heures du matin par une véritable foule... » ... « l'approche de la comète trouble considérablement les chinois qui craignent qu'elle ne soit le signe précurseur d'une grave crise nationale » rapporte l'Agence Reuter (En effet, l'Empire s'effondre). A Mannheim, un violent orage déclenche « une panique inouïe », mais à New York, « tout est à la comète, les chapeaux, les cravattes, les bijoux... des prix fantastiques ont été payés pour retenir pendant la nuit du 18 au 19 mai les toits de la plupart des immeubles... les fabricants de produits chimiques sont débordés de commandes de ballonnets d'oxygène pour ceux qui redoutent les gaz délétères ». A Cologne, « ce sera une réédition des fêtes de Carnaval, on organise une fête de la comète » (autant mourir en festoyant !). A Liège, « les

opticiens ont dû faire fortune... » et, à huit jours des élections générales, la très benoîte « Gazette de Liège » s'illustre par une exploitation politique éhontée des événements: « vite, une dernière bonne œuvre: donnez largement aux collecteurs du Denier des Ecoles catholiques... » [[On consultera avec profit l'article de H. Dupuis dans *Ciel et Terre*, vol. 101, pp. 217-220, 1985: « 1910: on se suicide, on fait la fête... mais on est surtout déçu ».]].

Tout est prétexte à exploitation, ce n'est pas l'armada des vols charter, les voyages touristiques éclairs à Ténériffe ou à la Réunion, l'édition fébrile d'une littérature abondante et coûteuse, les déclarations des astrologues (Gémeaux, attention !) et la vente impénitente de télescopes ou de jumelles qui feront du passage au périhélie de 1986 une exception à la règle !

On doit à Gassendi (1592-1656) une saine formulation du problème: « Oui les comètes sont réellement effrayantes... mais par notre sottise ». A ce rationalisme incisif ajoutons une pensée plus pragmatique du prince des humanistes: « Plût à Dieu, que les guerres n'eussent d'autres causes que la bile des souverains échauffée par quelque comète! Un habile médecin, avec quelques doses de rhubarbe ramènerait bientôt les douceurs de la paix ».



Quatre dessins de la chevelure de P/Halley les 23, 25 et 27 mai et 1er juin 1910 (d'après des dessins de Wilson, cité par Boyer, Neyvoz et Stram dans *l'Astronomie*, janvier 1985, vol. 99).

II

« *Un astre ressemblant à un sabre se tint au dessus de la ville : c'était une comète qui a duré un an. Ceci se passa avant la défection et l'agitation pour la guerre... Pendant la nuit, l'autel et le temple furent enveloppés d'une lumière si vive, que l'on se croyait en plein jour, un jour radieux* ».

Passage de la comète de Halley en 66 ap. J.C.

Flavius Josèphe, Guerre Judaïque, VI, 5

P/Halley, c'est ainsi qu'on dénomme un petit fragment de matière interstellaire qui nous revient tous les soixante seize ans.

Une comète, c'est un « rien », lumineux et chevelu, qui traverse l'espace au voisinage du soleil. Avant l'utilisation des télescopes, on en découvrait quatre ou cinq par siècle à la condition qu'elles soient brillantes et munies d'une longue et impressionnante queue diffuse. Voici trente ans on en trouvait une dizaine par an et, aujourd'hui, le bilan de la chasse aux comètes se monte à une vingtaine par an. Le plus grand nombre est constitué d'astres invisibles à l'œil nu.

Alors que les planètes se meuvent autour du Soleil sur des orbites quasi-circulaires situées à peu de chose près dans le même plan que celui de l'orbite terrestre (le plan écliptique), les comètes se singularisent par des orbites allongées, elliptiques fort excentriques. Les plus proches circulent sur des trajectoires dont les plans ne s'écartent guère de plus de vingt degrés du plan écliptique. Les plus lointaines, celles qui nous viennent de tellement loin qu'il n'est pas possible d'en déterminer la période (trop longue) et l'excentricité (voisine de 1) - on les dit « paraboliques » - ainsi que celles qui se « décrochent » d'un point de l'espace pour effleurer le Soleil et repartir à l'infini - on les dit « hyperboliques » - semblent provenir de n'importe quelle direction de l'univers. Les comètes proviendraient d'une région de l'espace située à la frontière du système solaire, une « réserve de Oort » du nom de l'astronome néerlandais qui en formula le premier l'hypothèse.

Elles sont ainsi messagères de la région située entre le Soleil et les étoiles les plus proches. La matière interstellaire y est constituée de quatre-vingt cinq pour cent d'hydrogène de quatorze pour cent d'He, de C, N, O, Fe, Si, Ca et de tous les autres corps de la nature. A cinquante ou cent mille fois la distance Soleil - Terre (c'est l'unité astronomique), le rayonnement du Soleil ou des étoiles est dix milliards de fois moindre que sur Terre. Aux températures extrêmement basses qui règnent dans ces régions « interstellaires » (30 à 70 Kelvin), l'atome d'hydrogène émet ou absorbe un rayonnement sur 21 cm de longueur d'onde et l'eau s'y détecte par une radiation sur 1,3 cm. Ce sont là des composants essentiels des comètes.

A dix Unités Astronomiques, une comète devient observable et identifiable parce que son petit noyau (quelques km de diamètre) s'auréole d'un nuage sphérique constitué des gaz qui s'en échappent. Ce noyau est un agrégat plus ou moins cohérent de structures silicatées et de glace ou neige d'eau, de dioxyde de carbone ou d'ammoniac. Il réfléchit le rayonnement solaire qui lui parvient cent fois plus faible que sur la Terre. A partir de cette distance (voisine de celle de la planète Saturne) la coma ou chevelure gazeuse se constitue.

Au fur et à mesure qu'une comète s'approche du Soleil, sa chevelure prend de l'importance et, aux gaz libérés, s'ajoutent des poussières. Des mécanismes de diffusion de la lumière par ces poussières et de réémission fluorescente des rayonnements solaires s'installent. Quand la comète pénètre plus profondément au cœur de l'héliosphère, les poussières microscopiques sont repoussées à l'opposé du soleil par la pression de radiation. La queue cométaire se

constitue. Combinant la vitesse d'échappement des poussières, la vitesse de la comète et la force qui résulte de cette pression, la queue poussiéreuse adopte une forme incurvée, longue parfois de centaines de millions de kilomètres et large de quelques dizaines de milliers de kilomètres. En diffusant la lumière solaire, elle forme un long bandeau sur le ciel selon l'angle sous lequel on la voit depuis la Terre.

Le rayonnement X et UV solaire excite les atomes de la chevelure, en arrache les électrons, les ionise et, par interaction avec le flux permanent de l'évaporation solaire (le vent solaire) constitue une seconde queue plus rectiligne que l'autre, souvent multiple et perturbée qui révèle les inhomogénéités du flux solaire et les instabilités qui se manifestent à l'intérieur du noyau cométaire, boule de neige incrustée de cailloux ou agrégat de petits corps cimentés plus ou moins solidement entre eux par les glaces ou les neiges.

En se rapprochant du Soleil, les comètes deviennent de plus en plus brillantes, bien que la proximité de l'astre du jour les rendent moins aisément observables. Les anciens citent des comètes visibles « en plein midi » à côté du Soleil. Avec le coronographe solaire, on peut parfois suivre leur approche et observer la rupture de leur noyau, insuffisamment solide. Parfois une comète se perd dans le Soleil, grain infime qui ajoute ses quelques tonnes aux milliards de tonnes d'hydrogène qui constituent l'essentiel de notre étoile.

Quelques comètes ont un point de périhélie (plus grande proximité du soleil) situé entre le Soleil et la Terre. La trajectoire cométaire recoupe donc plus ou moins l'orbite terrestre. Selon la position de la Terre par rapport au Soleil et à la Comète, nous voyons celle-ci de fort loin (c'est le cas de P/Halley en 1986) ou de fort près (ce qui est rare).

Les belles comètes de ces dernières années n'ont pas favorisé les habitants de l'hémisphère boréal terrestre. P/Halley ne risque guère d'être spectaculaire en nos régions ! De plus, depuis un siècle, dans le cas présent, nous sommes victimes de la fée électricité qui éclaire nos villes et nos autoroutes en diffusant, sur les brumes urbaines abondamment enrichies en déchets dus à l'industrialisation, une lumière parasite considérable. La lumière diffusée d'origine humaine est presque partout supérieure à celle qu'engendre la comète...

On se souvient peut être de la Comète Wipple-Fedke, dans la Grande Ourse en 1942, et, des belles Arend-Roland, découverte en Belgique, et Mrkos observées entre 1957 et 1958. La comète Ikeya-Seki développa en 1965 une queue considérable... pour les habitants de l'hémisphère Sud ! En 1973, Kohoutek fut une déception générale en dépit des découvertes importantes qui furent faites par les radioastronomes et par le laboratoire spatial Skylab. La comète West, en 1976, fut admirable sous nos latitudes. En 1981 et 1983, les sondes spatiales SOLWIND et IRAS découvrirent quatre comètes, ouvrant une ère nouvelle de la recherche en physique cométaire.

On comprend, que la comète de Halley, observée depuis plus de mille ans, peinte par Giotto, brodée par le Reine Mathide, souvent assez spectaculaire, ait provoqué la mise sur orbite de sondes spatiales (deux russes, deux japonaises, une européenne, et une sonde réaffectée par la NASA). Il s'agit de déterminer « in situ » la composition de la queue, de la chevelure et de photographier en gros plan un noyau de comète.

A quoi sert-il d'observer les comètes? Comme tous les objets de l'astronomie, elles présentent des états de la matière non reproductibles en laboratoire. Une comète est un site préférentiel pour l'étude du comportement d'une multitude de molécules de grand intérêt technologique et économique. De plus elle nous aide à mieux connaître le milieu originel du système solaire et

à répondre aux questions mille fois posées: où sommes-nous, d'où venons-nous, où allons-nous?

A défaut de voir un spectacle impressionnant, nous nous contenterons d'observer annuellement les étoiles filantes de fin avril et de novembre qui accompagnent la trace de P/Halley sur son orbite. Faisons confiance au Soleil et aux étoiles voisines pour qu'ils nous décrochent une comète, belle, brillante et largement empanachée d'ici la fin de ce vingtième siècle.

Références

P. Doigt, 1950. - *A Concise history of astronomy*. London.

E. Doublet, 1922. - *Histoire de l'astronomie*. Paris.

C. Flammarion, 1882. - *L'astronomie populaire*. Paris.

C. Flammarion, 1885. - *Les merveilles célestes*. Paris.

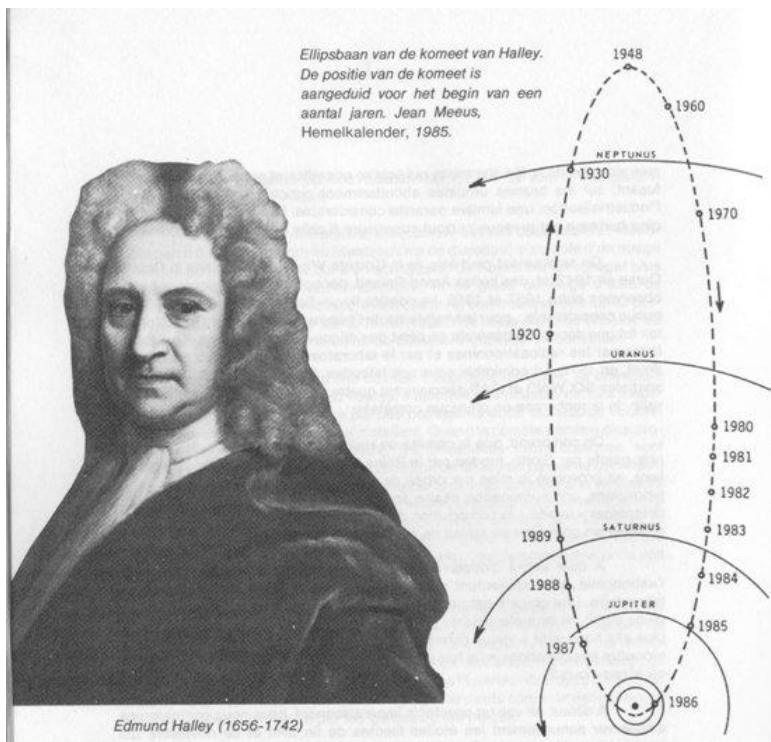
G. Bigourdan, 1913. - *L'astronomie, évolution des idées et des méthodes*. Paris.

A. Guillemin, 1875. - *Les comètes*. Paris.

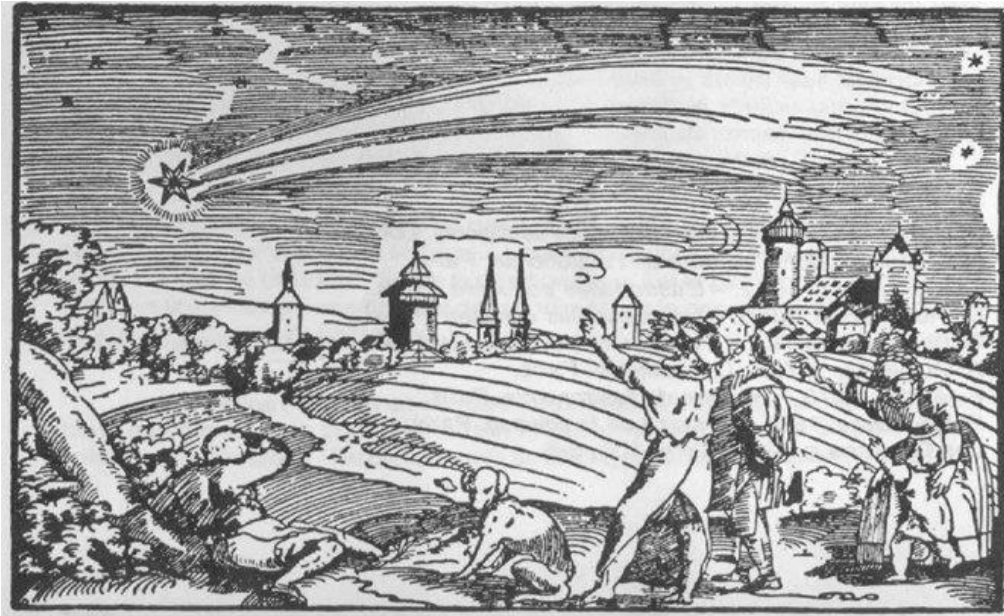
F. Hoefler, 1873. - *Histoire de l'astronomie*. Paris.

P. Rousseau, 1965. - *Histoire de la science*. Paris.

Les Comètes in *Ciel et Terre* 101, 5-6.



Edmund Halley (1656-1742)



De komeet van 1577 naar een pamflet uit die tijd

KOMETENGESCHIEDENIS VAN ARISTOTELES TOT HALLEY

Roger- A. BLONDEAU

Belgisch Komitee voor de Geschiedenis der Wetenschappen

Samenvatting

Nadat de auteur de opvattingen van Pythagoras en Aristoteles inzake kometen en de oudste classificatie van deze hemellichamen door Plinius heeft vermeld, handelt hij over de kometen in het volksgeloof en hoe zij de massa terroriseerden.

Dan zien we hoe de stelling van Aristoteles in het gedrang wordt gebracht door Grosseteste, Peurbach, Regiomontanus en Tyche Brahe en wat er allemaal in verband met kometen in de Renaissance en in de 17e eeuw werd gepubliceerd. Maar in die tijd kwam ook de discussie op gang over de kometenbanen, tot tenslotte Newton een methode uitwerkte om uit enkele positiebepalingen hun preciese baan te berekenen en Edmund Halley onsterfelijkheid verwierf door de komeet van 1758-1759 te voorspellen.

Résumé

Après avoir rappelé la position de Pythagore et d'Aristote concernant les comètes et leur classification par Plin, l'auteur analyse les croyances populaires et la terreur que les comètes provoquaient dans la masse, il expose ensuite les opinions de Grosseteste, Peurbach, Regiomontanus et Tycho Brahe et passe en revue tout ce qui a été publié sur ce sujet pendant la Renaissance et le XVIIème siècle. On discutait encore de la trajectoire des comètes quand Newton mit au point une méthode qui permettait de calculer leur route avec précision et quand Halley prévit le passage de la comète de 1758-1759, ce qui lui assura l'immortalité.

Abstract

After recalling the standpoints of Pythagoras and Aristotle regarding comets, as well as their classification by Pliny, the author analyses the popular belief and the terror caused by comets among the masses. Further, he exposes the opinions of Grosseteste, Peurbach, Regiomontanus and Tycho Brahe. He also mentions what was published on the subject during the Renaissance and the 17th century. While astronomers were still discussing the trajectory of comets, Newton was putting forward a method which permitted the calculation of their routes with precision, and Halley was foreseeing the passage of the 1758-1759 comet, which assured his immortality.

Kometen zijn weer actueel, want hun meest beroemde soortgenoot, de komeet van Halley, is zeer onlangs het hart van ons zonnestelsel binnengedrongen en heeft er op 9 februari 1986 zijn perihelium (punt van de baan dichtst bij de zon) bereikt. Bij de aanvang van zijn retourvlucht is hij duchtig aan de tand gevoeld.

Sedert een hele tijd wist men dat deze verwachte bezoeker inderdaad op komst was, want de astronomen Jewitt en Danielson hebben reeds op 16 oktober 1982, met de 5 meter Hale-reflector op Palomar Mountain (Californië), een eerste teken van aantocht gezien.

In dit ruimtetijdvak werd onmiddellijk het plan opgevat dit nog altijd mysterieuze hemellichaam met interplanetaire tuigen te lijf te gaan, in een poging om heel wat onzekerheden in het reine te trekken.

Zo komt het dat op 2 juli 1985 de Europese ruimtesonde *Giotto* met de draagraket Ariane-1 naar de kop van Halley werd gelanceerd.

In de nacht van 13 op 14 maart 1986 is *Giotto*, de komeet tot op minder dan duizend kilometer genaderd en heeft heel wat gegevens kunnen doorsturen in verband met de aard en de samenstelling van deze lichtgewichten onder de hemellichamen.

De mening van Aristoteles

De priesters uit Mesopotamië en Egypte, die lang voor het begin van onze tijdrekening de sterrenhemel observeerden, hebben de kometen net als de planeten, altijd als hemellichamen beschouwd en Pythagoras heeft van uit Egypte deze opvatting naar Griekenland gebracht.

Maar Aristoteles, de dominante natuurfilosoof van de Oudheid, hield er een andere mening op na. Hij steunde zijn wereldbeeld op de ideeën van de wiskundige Eudoxus van Knidos, die een aantal concentrische bollen gebruikte om de bewegingen aan het uitspansel te verklaren.

Aristoteles die deze structuur aanvaardde en ook uitbreidde, had niet minder dan 55 kristallen bolschillen nodig, die allemaal in elkaar draaiden, met de zware onbeweeglijke aarde in het midden, om alles gesmeerd te laten lopen. De grondidee van dit stelsel zou tot in de 17e eeuw gehandhaafd blijven, doorheen het systeem van Ptolemaeus met zijn vele cirkels en epicykels !

Aristoteles verdeelde het universum in twee goed van elkaar te onderscheiden delen. Het eerste deel strekte zich uit vanaf het middelpunt, dus van uit de aarde, tot de sferen van de maan. Dat was het *sub-lunaire* of *ondermaanse* gebied van de vier elementen: aarde, water, lucht en vuur, waar bestendig *verandering en vergankelijkheid* aanwezig was. Daar boven,

dus verder weg van het centrum, had met het zgn. *etherische* gebied, waarin de hemellichamen bewogen, en dat *eeuwig en onveranderlijk* was.

In die gedachtengang konden de kometen, die onregelmatig opdoken, schijnbaar willekeurige banen beschreven en bestendig van vorm en uitgestrektheid veranderden, alleen maar behoren tot het ondermaanse. Volgens Aristoteles waren ze niets anders dan condensaties van vurige dampen in de bovenste lagen van de atmosfeer.

Die stelling zou vele eeuwen stand houden. Wel waren er enkele anderen, zoals Seneca, die er naderhand een afwijkende mening op nahielden. Seneca, die leefde in het begin van onze jaartelling, in een tijd toen het nog mogelijk was dat één brein alle gebieden van het menselijke weten kon omvatten, behandelde in zijn *Quaestionum naturalium libri VII*, de kometen. Hij aanvaardde de thesis van een zekere Apollonius van Mindos (van wie we niets afweten), die de kometen *wel* onder de hemellichamen classificeerde en ze beschouwde als planeten van een speciale soort, die meestal onzichtbaar bleven omdat ze bewogen in ver uitgestrekte banen.

Maar de autoriteit van Aristoteles zorgde ervoor dat alle afwijkende meningen niet de minste kans maakten, en positieve bewijzen voor het tegendeel zouden nog lang op zich laten wachten.

Plinius de oudere, die zijn weetgierigheid met zijn leven moest bekopen bij de grote uitbarsting van de Vesuvius in 79 na Chr., sprak in zijn *Naturalis Historia* ook over de kometen. Hij zorgde er voor de oudste bekende classificatie naar hun vorm, en beweerde dat kometen hoogstens 80 dagen zichtbaar zijn, maar nooit minder dan 7 dagen.

Ptolemaeus (2e eeuw) heeft in zijn samenvattend handboek van de antieke geocentrische astronomie, de *Syntaxis Mathematica* (Almagest), noch in zijn bijbel van de astrologie, de *Tetrabiblos*, de kometen vernoemd, aangezien ze volgens Aristoteles - wiens mening hij volgde - niet tot de hemellichamen behoorden.

Kometen in het volksgeloof

Hoewel kometen in de astrologie eigenlijk geen rol spelen - aangezien de oude inzichten daar blijven voortleven en ze niet eens als hemellichamen worden beschouwd, terwijl ze bovendien zich niet uitsluitend vertonen op het werkterrein van de astrologen: de dierenriem - werden ze toch in het volksgeloof opgenomen als hemelse, door God gezonden, waarschuwingstekens of voorboden van ernstige gebeurtenissen. En omdat bij, of kort na het verschijnen van een komeet altijd ergens een koning op sterven lag, een veldslag werd uitgevochten, een natuurramp zich voordeed of een epidemie de bevolking teisterde, had men geen moeite om de noodlottige invloed of de nefaste getuigenis van kometen aan te tonen.

Maar er waren ook kometen die een betere reputatie genoten, of door sommigen werden genegeerd. Zo geloofden de oude Romeinen dat de komeet, die te zien was in 43 vóór onze jaartelling, de naar de hemel opstijgende ziel was van Julius Caesar, die het jaar voordien was vermoord.

Toen meer dan een eeuw later de zieke keizer Vespasianus, die niet naar de raad van zijn lijfartsen wilde luisteren, op de verschijning van een komeet werd gewezen, zou hij gezegd hebben dat die « harige ster » hem niet verontrustte, maar veel meer een gevaar betekende voor de koning van de Parthen - waarmee de Romeinen voortdurend overhoop lagen - aangezien deze laatste een stevige hardos bezat en hij zelf kaal was. Dat Vespasianus kort

daarop stierf was voor het volk een bewijs te meer voor de rampspoedige betekenis van een komeet.

Op het beroemde, 70-meter lange tapijt van Bayeux, dat zou vervaardigd zijn op bevel van Mathilde, de gemalin van Willem de veroveraar, werd de komeet van 1066 aangebracht, omdat hij Willem zou geleid hebben bij de verovering van Engeland en in de slag bij Hastings, terwijl de Engelse Koning Harold II (die bij Hastings zijn troon en zijn leven verloor) er te zien is als iemand die blijkbaar van de komeet niet veel goeds verwacht.

De komeet van 1301 heeft de Italiaanse kunstschilder Giotto di Bondone daarentegen beroemd gemaakt. Immers het jaar daarop kreeg deze kunstenaar de opdracht een fresco, voorstellende *De aanbidding der wijzen*, aan te brengen op een muur van de Scrovegnikapel te Padua. De kunstenaar was waarschijnlijk nog zo onder de indruk van de opvallende komeet die hij enkele maanden vroeger had waargenomen, dat de kerstster die hij boven de stal aanbracht de vorm kreeg van een komeet ! Zo ontstond de mening dat de ster die volgens het Mattheus-evangelie de geboorte van Jezus aankondigde en de wijzen uit het Oosten was voorgegaan, eigenlijk een staartster was. Al heeft men hieromtrent niet de minste zekerheid en al heeft Giotto een gok gewaagd, deze voorstelling verschaft hem in elk geval de eer dat de ruimtesonde, die nu naar de komeet van Halley werd gestuurd, naar hem - Giotto - werd genoemd,

De meest besproken kometenverschijning is ongetwijfeld deze geweest van juni 1456, drie jaar na de verovering van Constantinopel door de Turken en die beschouwd werd als een waarschuwing voor de verdere overrompeling van Europa door de volgelingen van Mohammed. Laplace vertelde in zijn *Exposition du système du monde* (1796), waarin hij zijn theorie van het planetenstelsel ontwikkelde, dat bij die bedreiging paus Calixtus III openbare gebeden voorschreef waarin men zowel de komeet als de Turken bezwoer (conjurait) en Arago schreef in de *Annuaire pour 1832* dat de verschrikte Calixtus gebeden voorschreef en de komeet en de Turken excommuniceerde, dus in de ban deed! Sommige auteurs voegden hieraan toe dat de paus bij deze gelegenheid het *Angelus* invoerde.

Dat is echter allemaal niet historisch verantwoord : het avond-Angelus dateert van 1095 en werd ingevoerd door Urbanus II op het concilie van Clermont. In de *Bul* die in 1456 het middag-Angelus voorschreef, is er van de komeet geen sprake en in de stukken die paus Calixtus III richtte tot de Europese christelijke vorsten om de wapens op te nemen tegen de Turkse bedreiging, wordt er van de komeet geen gewag gemaakt.

Wat men in de deemsterige glans van de kometen allemaal meende te zien, moge blijken uit een beschrijving, van de komeet van 1528, door Ambroise Paré (1510-1590), « le père de la chirurgie moderne » en « le premier chirurgien du Roy » , in zijn werk *De la génération de l'homme, des monstres* (1573). Paré-toen nog leerling-chirurgien - had deze komeet zelf waargenomen : « Cette comète étoit si horrible et si épouvantable et elle engendroit si grande terreur au vulgaire, qu'il en mourut aucuns de peur; les autres tombèrent malades. Elle apparoissoit estre de logueur excessive, et si estoit de couleur de sang; à la sommité d'icelle, on voyoit la figure d'un *bras courbé*, tenant une grande épée à la main, *comme s'il eust voulu frapper*. Au bout de la pointe il y avoit trois estoiles. Aux deux costés des rayons de cette comète, il se voyoit grand nombre de haches, cousteaux, épées colorées de sang parmi lesquels il y avoit grand nombre de *fascès humaines* hideuses, avec les barbes el les cheveux hérissés ».

Calvijn, de religieuze reformator, die zich ook bekommerde om ons wereldbeeld en een tegenstrever was van het heliocentrische systeem van Copernicus (in de Bijbel staat er immers

dat « Jozuë de zon deed stilstaan »!), meende ook dat de almachtige ons met kometen waarschuwde voor rampen en andere tegenslagen.

Toen Alfonsus VI van Portugal, in 1664 een komeet aan de hemel zag, riep hij hem een reeks scheldwoorden toe en bedreigde hem met zijn pistool. Deze vorst werd weliswaar enkele jaren later tot abdicatie gedwongen wegens geestesziekte, maar hij stond toen en ook later nog, verre van alleen met zijn waanzinnige kometenangst.

Ook in China golden kometen als zwaarden van Gods toorn en als de voorboden van allerlei rampen. Toen in de 17e eeuw de Europese jezuitenmissionarissen - waaronder de Vlaming Ferdinand Verbiest - in ongenade waren gevallen, tot verschrikkelijke straffen waren veroordeeld en in afwachting van de uitvoering hiervan in de kerker zaten, verscheen er op 13 april 1665 een komeet, die naar men meende, niet veel goeds voorspelde. Toen drie dagen later een gruwelijke aardbeving Peking teisterde, was men overtuigd dat dit de straf was waarvoor de komeet had gewaarschuwd, een straf die erop wees dat er onschuldigen in de kerker zaten.

De paters kregen hierdoor amnestie en als de westerse katholieke missionering toen niet brutaal is afgeknapt, is het voorzeker aan de komeet van 1665 te wijten.

Aristoteles in het gedrang

Terwijl de kometen de massa terroriseerden klonk toch hier en daar een stem op, die het met de oude zienswijze niet eens was en werden traag maar gestaag door de sterrenkundigen meer wetenschappelijke gegevens over de kometen verzameld.

In de 13e eeuw kwam er iemand die nogal eens met Aristoteles van mening durfde te verschillen. Dat was de Engelse filosoof Robert Grosseteste (1175-1253), de leermeester van Roger Bacon en een van de grootste denkers en geleerden van zijn tijd; hij schreef dat kometen helemaal niet in de dampkring nestelden, maar ver buiten het ondermaanse, in de wereld van de planeten optraden. Maar het zou nog twee eeuwen duren vooraleer een sterrenkundige dezelfde stelling zou poneren. Inderdaad, pas in 1456 kwam de Oostenrijkse astronoom Georg Peurbach (1423-1461), ingevolge zijn waarnemingen tot het besluit dat de komeet die toen te zien was, zich buiten de maansfeer bevond, en zijn assistent Regiomontanus (1436-1476) kwam bij zijn observaties van de komeet van 1472 tot dezelfde conclusie. Regiomontanus, die uit Koningsbergen kwam (vandaar zijn Latijnse naam) en eigenlijk Johann Müller heette, was zo nauwkeurig in zijn waarnemingen dat ze nog in 1531, meer dan een halve eeuw na zijn dood, te Neurenberg werden gepubliceerd, onder de titel, *De cometæ magnitudine remotioneque a terra, et de loco ejus vero...* en omstreeks het begin van de 18e eeuw nog door Halley konden gebruikt worden. Regiomontanus was er o.m. in geslaagd een parallax, tussen 3 en 6 graden, te bepalen bij de komeet van 1472. Waaruit men kan besluiten dat deze staartster betrekkelijk dicht bij de aarde was gekomen. Deze astronoom sprak ook de mening uit dat de staart van de kometen steeds de neiging hebben van zich naar het zenith te richten. Maar enkele jaren na het verschijnen van de waarnemingsgegevens van Regiomontanus, werd door Petrus Apianus (1495-1552), de mathematicus van keizer Karel V, in zijn werk *Astronomicum Caesareum* (1540), waarin de observatiegegevens van vijf kometen, waaronder deze van 1531, werden verstrekt, de aandacht erop gevestigd dat kometenstaarten steeds van de zon afgekeerd staan. Weliswaar had de Italiaanse dichter en medicus, Girolamo Fracastor (1483-1533) dit reeds een paar jaar vroeger vermeld in zijn werk *Homocentrica de Stellis*, er zou van dit boek zelfs een eerste uitgave verschenen zijn in 1535 - maar Apianus was meer bekend dan Fracastor en dus is het meestal Apianus die met de eer van deze vaststelling gaat lopen.

Het was evenwel Tycho Brahe die de cosmologie van Aristoteles een eerste deuk zou geven, met aan te tonen dat er in strijd met de beweringen van de Stagiriet, in de wereld van de sterren en planeten toch veranderingen gebeurden en het was diezelfde Tycho die vijf jaar later pertinent zou bewijzen dat de kometen geen atmosferische verschijnselen waren.

De ontdekkingen van Tycho Brahe

Tycho Brahe (1546-1601) was de zoon van een Zweedse edelman, die tegen de zin van zijn familie en voornamelijk uit astrologische overwegingen, sterrenkunde had gestudeerd. Vanaf 1570 prutste hij nogal veel in het laboratorium van een oom langs moederszijde, Steen Bille, die de eerste papier- en glasfabriek van Denemarken had opgericht, maar tevens een enthousiaste aanhanger was van de alchimie en nog immer op zoek was naar het levenselixir en de Steen der Wijzen.

Op de avond van 11 november 1572 wandelde Tycho van het labo van zijn oom terug naar het landgoed van de familie te Knudstrup, toen hij in het sterrenbeeld Cassiopeia een schitterende ster zag, die hij vroeger nooit had opgemerkt. Omdat hij zijn eigen ogen niet vertrouwde deed hij een beroep op een paar bedienden en enkele boeren om de bevestiging te krijgen dat hij geen hersenschim zag. Met zijn nieuwste sextant - Tycho was ook een begaafde instrumentenbouwer - waarvan de armen vijf en een halve voet lang waren, kon hij vaststellen dat de ster, die hij gedurende heel haar periode van zichtbaarheid volgde, geen de minste beweging maakte tussen de sterren in. Waaruit te besluiten viel dat het ging om een lichtverschijnsel dat buiten het ondermaanse gelegen was. In 1573 publiceerde hij daaromtrent te Kopenhagen, zijn eerste boek, *De nova stella, anno 1572...*, dat naast veel onsamenhangende dagboekuittreksels en astrologische voorspellingen toch ook zevenentwintig pagina's nauwkeurige waarnemingsgegevens van de nieuwe ster bevatte.

Twee jaar later werd ook bij ons door Cornelius Frisius (1535-1578), die zijn vader, Gemma Frisius, had opgevolgd aan de universiteit te Leuven, over de nieuwe ster geschreven in een werk dat te Antwerpen verscheen onder de titel *De Naturae divinis characterismis* (1575), maar de wetenschappelijke betekenis ervan was gering want Cornelis aanzag het fenomeen als de voorbode van een hele reeks verschrikkelijke gebeurtenissen.

Vijf jaar na de waarneming van een nieuwe ster observeerde Tycho Brahe nauwkeurig de komeet van 1577. Tycho was intussen in dienst getreden van koning Frederik II van Denemarken, die hem het eiland Hveen in de Sont had ter beschikking gesteld om daar een sterrenwacht te bouwen. Vanuit deze sterrenwacht, Uraniënborg, trachtte hij de parallax van de komeet te bepalen, door de positie na te gaan tussen de vaste sterren, eventjes boven de horizon en dan op grote hoogte. Was de komeet aanwezig geweest in het ondermaanse, dan zouden grote verschillen tegenover de achtergrond van de sterren te constateren zijn. Maar aangezien geen verschilzicht kon vastgesteld worden, concludeerde hij voorzichtig dat de komeet minstens zesmaal zo ver als de maan, van de aarde verwijderd was. Daarmee had hij de kometen definitief tot de rang van hemellichamen verheven.

Tycho observeerde niet alleen de komeet van 1577, maar ook deze van 1588. Hij stelde telkens duidelijk het verschil in snelheid vast wanneer ze in de nabijheid van de zon kwamen en hij meende dat de kometen schuinliggende cirkels (ellipsen) beschreven tussen de planeten door, zodat er van kristallen hemelsferen maar moeilijk sprake kon zijn. Zo heeft hij het stelsel van Aristoteles eigenlijk volledig opgeruimd en betekende dit de genadeslag voor diens tanende autoriteit. Tycho heeft zijn bevindingen omtrent de kometen neergeschreven in *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis* (1588), waarin hij ook zijn eigen geocentrische wereldstelsel heeft uiteengezet.

Kometen in de belangstelling

De komeet van 1577 moet een opmerkelijk verschijnsel geweest zijn, en menige pen in beweging gebracht hebben, want de tractaten die voortaan over kometen verschenen, waren weldra zeer talrijk. Zo schreef de Duitse wiskundige en medicus Paulus Fabricius (1519-1588) niet alleen over de nova van 1572, maar ook over de komeet van 1577 in *Judicium de cometâ qui anno 1577 conspectus est* (Wenen, 1577). Nicolas Baselius een medicus van St.-Winoksbergen (nu Frans-Vlaanderen) beschreef dezelfde komeet in het Frans, maar publiceerde tevens een reeks voorspellingen van malheuren die op deze verschijning zou volgen, onder de titel : *Descriptio cometæ qui apparuit 14 novembri, anno 1577...* (Antwerpen, 1578). Cornelius Gemma, waarvan reeds sprake, schreef in 1578 eveneens over deze komeet : *De prodigiosâ cometæ specie ac naturâ, qui anno 1577, plus decem septimanis refulsit.*

Ook Michaël Mästelin (1550-1631) die eigenlijk teoloog en dominee was, maar wis- en sterrenkunde doceerde, achtereenvolgens aan de universiteiten van Heidelberg en Tubingen, waar hij in laatstgenoemde plaats, in 1589, Kepler onder zijn leerlingen telde, had grote belangstelling voor kometen en heeft daaraan heel wat bladzijden gespandeerd, maar het kwam allemaal uit een astrologische visie: *Observatio et demonstratio cometæ anni 1577 en 1578* (Tubingen, 1578), *Consideratio et observatio cometæ qui anno 1580, mensibus, oct. nov. et dec. apparuit* (Heidelberg, 1581) en *De cometa anni 1618* (Tubingen, 1619). Uit zijn waarnemingen meende hij te mogen besluiten dat kometen in cirkelvormige banen rond de zon wentelen. Een andere dominee, David Fabricius (1564- 1617), predikant te Emden, die zich ook voor astronomie en astrologie interesseerde - de wegen van weten en geloven liepen toen nog fel door elkaar - die in relatie was met Tycho en Kepler en bekendheid heeft verworven door de ontdekking van een variabele ster, moet evenzo belangstelling gehad hebben voor de staartsterren, want hij heeft de efemeriden nagelaten van de komeet van 1607.

Ook de komeet van 1618 - de eerste die werd waargenomen door een telescoop, en wel door de Zwitserse jezuiet-astronoom Johann-Baptist Cysat (1588-1657), was een populair geval. Nog datzelfde jaar verscheen van Nicolaas Mulerius (1564-1630), professor in de medicijnen te Groningen, maar van Vlaamse komaf, die tevens actief was in wis- en sterrenkunde : *Hemelsche Trompet Morgenwecker ofte Comeet met een Langebaert, erschienen Anno 1618 in Novembri ende Decembri. Met een korte verhandelinghe van de nature, oorspronk en beduidinghe der kometen* (Groningen, 1618). Mulerius aanzag de kometen nog als hemelse voortekens van rampen, die alleen maar door bidden en vasten konden afgewend worden.

Nicolaas Mulerius was geboren te Brugge, tijdens de hoogtijd van de reformatie in Vlaanderen, waarin zijn ouders tot de hervormde leer waren toegetreden. Nadat zijn moeder door de inquisitie werd opgehangen te leper, was hij met zijn vader uitgeweken naar het Noorden en naderhand studeerde hij geneeskunde te Leiden. Reeds in 1608 had hij een werkje gepubliceerd *Met de beschrijvinghe van de Comeet. Zijn Hemelsche Trompet...* werd nog in 1680 herdrukt te Harderwijk. In 1619 liet Erycius Puteanus (1574-1646), de opvolger van Justus Lipsius te Leuven, op zijn beurt een didactisch werkje verschijnen over de komeet van 1618: *Eryci Puteani de cometa anni 1618, novo mundi spectaculo, libri duo, paradoxologia*, dat hij opdroeg aan Albrecht en Isabella, maar waarin hij in strijd met zijn tijdgenoot Mulerius de vooroordelen bestreed die nog steeds bestonden in verband met de kometen. In datzelfde jaar, 1619, was kort voor het verschijnen van het werkje van Puteanus, te Antwerpen een boekje gepubliceerd, *Dissertatio de cometâ anni 1618...*, waarin twee verhandelingen gebundeld waren, één van Libert Fromundus, die professor was van filosofie te Leuven en één van zijn collega's Thomas Feyens, van de faculteit van geneeskunde. Fromundus schreef er ondeugend dat deze komeet de dood aankondigde van een prins, namelijk Aristoteles, de

prins der filosofen, die geponoerd had dat kometen atmosferische verschijnselen waren. Drie jaar vroeger had Fromundus in zijn *Coenae saturnalitae variatae somno sive peregrinatione caelesti* (Leuven 1616), de mening uitgesproken dat kometen banen beschrijven net als de planeten (hij was een aanhanger van het wereldstelsel van Tycho Brahe). In zijn bijdrage schreef Feyens dat kometen een soort planeten waren met zeer uitgestrekte banen, waardoor zij alleen maar zichtbaar werden als ze in de nabijheid kwamen van de aarde (hij geloofde nog dat de planeten om de aarde cirkelden). Iedere komeet had volgens hem een wel bepaalde baan en omlooptijd, die tot dan toe echter onbekend was.

De Italiaanse jezuiet Giovanni Baptista Riccioli (1598-1671), die bij het ontwerpen van zijn beroemde maankaart, de indrukwekkende en opvallende ringberg, die bij volle maan een machtige stralenkrans ten toon spreidt, noemde naar de door hem bewonderde Tycho (wiens wereldsysteem bij met een kleine wijziging had aangenomen), terwijl bij Copernicus van wiens theorie hij niets moest hebben, deponoerde in de *Oceaan der Stormen* (Oceanus Procellarum), heeft nog in 1681 te Leiden over de kometen van 1664 en 1665 gepubliceerd: *Epistolae de cometis anno 1664 et 1665*, maar veel nieuws kwam er ook daar niet uit de bus.

Al die geschriften getuigden wel van grote belangstelling, maar ze hadden niet zoveel wetenschappelijke betekenis. We mogen immers niet vergeten dat de ontdekkingen en inzichten van de 17e eeuw, die een keerpunt vormden in het wetenschappelijke denken, maar moeilijk de versterde ideeën uit de middeleeuwen doorbroken hebben.

De discussie kwam op gang

Toch kwam in die jaren de discussie op gang over de vorm van de kometenbanen. Johannes Kepler (1571-1630) de geniale zoon van een avonturier en chronische mislukkeling uit het wijn-vrolijke Zwaben - zijn vader, hoewel behorende tot een protestantse familie heeft o.m. nog gevochten als huursoldaat van Alva - die bij Tycho Brahe had gewerkt, wist uit de overvloedige observaties van de planeet Mars, die Tycho had verzameld, wetmatigheden te ontdekken in de planetenbeweging. Reeds in 1609 publiceerde hij de stelling dat de planeten zich niet in cirkelvormige, maar wel in ellipsvormige banen om de zon bewegen, die niet centraal, maar in een van de brandpunten staat. Die ellipsvorm maakte de epicykels die Copernicus nodig had, overbodig. Maar Kepler beschouwde zijn stelling als een restrictieve wet, die alleen betrekking had op de planeten. Immers, in hetzelfde jaar waarin hij zijn derde wet inzake planetenbewegingen publiceerde in *Harmonice Mundi*, namelijk 1619, verscheen ook zijn *Libelli tres de cometis*, waarin hij details vermeldde over de kometen en hun banen. Hij had de staartster van 1607 en de drie kometen van 1618 bestudeerd en meende daaruit te mogen besluiten dat kometen rechtlijnig langs de zon schieten en tevens dat een afstotende kracht van de zon de lichtgevende materie van de kometenkop wegduwde.

Hoewel in het werk van Kepler de gravitatiewet besloten ligt, die een verklaring zou geven voor de juiste baanvorm van de kometen, zou het nog een hele tijd duren vooraleer iemand het deductieve verband snapte. Toen Galilei stierf in 1642 had hij van de wetten van Kepler niet eens kennis genomen, hoewel beide geleerden regelmatig korrespondeerden, zo hadden zij elkaar hun bevindingen omtrent de komeet van 1618 meegedeeld. Kepler had bovendien zijn werk, dat zijn eerste twee wetten inzake planetenbeweging bevatte - de *Astronomia Nova* bij het verschijnen in 1609, naar Padua gezonden. Galilei had ze dus binnen handbereik liggen, maar toch schreef hij nog in 1633, in zijn *Discorsi* (Gesprekken) dat de ware vorm van de planetenbanen nog onbekend was ! Maar die onbekendheid met het werk van Kepler was niet alleen bij Galilei het geval. Dat is voor een groot deel te wijten aan het feit dat Keplers denken doortrokken was van mystieke beschouwingen. Zijn « wetten » kenden aanvankelijk niet de eenvoudige formulering die nu in elk leerboekje van cosmografie te vinden is, maar zaten

verborgen onder een overmaat van berekeningen en bewijsvoeringen, die erop gericht waren een harmonische wereldorde op geometrische grondslag op te bouwen.

Pierre Gassendi (1592-1655), doctor in theologie, professor aan de universiteit van Aix, die zich als zoveel geleerden uit die tijd ook wijdde aan astronomie-astrologie, was nog drie decennia na Keplers dood overtuigd dat de kometen zich inderdaad met een vaste eenparige snelheid rechtlijnig voortbewegen en dat de verandering in snelheid die men er opmerkte, alleen maar gezichtsbedrog was dat voorkwam tengevolge van de schuine ligging van de kometenbanen ten opzichte van de aarde. Giovanni Domenico Cassini (1625-1712), de Italiaanse hoogleraar in de astronomie, die op verzoek van Colbert naar Parijs ging en de eerste directeur werd van het in 1671 aldaar geopende *Observatoire*, was echter de mening toegedaan dat kometen hemellichamen waren die een gesloten cirkelvormige baan beschreven. Cassini had veel interesse voor kometen. Hij had de komeet van 1652 waargenomen op het observatorium van Malvasia en nog vóór hij naar Parijs ging had hij de komeet van 1664 te Rome geobserveerd in aanwezigheid van ex-koningin Christina van Zweden.

Deze vorstin met nogal mannelijke allures was na haar troonsafstand, op 23-jarige leeftijd, haar land ontvlucht, had enkele weken verbleven te Antwerpen in de Lange Nieuwstraat, was te Brussel van het starre lutheranisme overgestapt naar het meer libertijnse katholicisme en was toen naar Rome gegaan, waar de paus deze hooggeplaatste neofiete het palazzo Farnese ter beschikking stelde. Ze was altijd een weetgierige dame geweest - ze had destijds Descartes aan haar hof ontboden - nu te Rome liet zij zich door de geleerde jezuiet Athanasius Kircher inwijden in de geheimen van de natuurwetenschap en door Cassini voorlichten over de stand van de astronomie. Het werk dat Cassini over de komeet van 1664 heeft geschreven, *Theoria motus cometæ anni 1664*, heeft hij ten andere aan ex-koningin Christina opgedragen.

Cassini die zijn leven lang een aanhanger bleef van het geocentrische wereldstelsel van Ptolemaeus, was overtuigd dat de meeste kometen dezelfde baan volgen tegen dezelfde sterrenachtergrond, die hij *le zodiaque des comètes* noemde. Hierop voortgaande beschreef hij, bij het verschijnen van een komeet in december 1680, voor het koninklijke hof, de weg die de komeet zou volgen. Dat was een roekeloosheid die hem veel prestige had kunnen kosten, maar hij had geluk, de komeet was hem welgevallig en volgde inderdaad ongeveer de voorspelde baan. Maar een andere Italiaan, professor Giovanni Alfonso Borelli (1608-1678), die wiskunde en medicijnen doceerde te Pisa en te Florence, een man die ten opzichte van Cassini eigenlijk maar een amateur was, had ook over de komeet van 1680 gepubliceerd en was een van de eerste om de elliptische of parabolische banen van de kometen te veronderstellen. Dat was eveneens het standpunt van Georg Dörfler, dominee te Plauen (Saksen), die verkondigde dat de baan van de komeet van 1680 een langgerekte parabool was met de zon in haar brandpunt. En dat was ook het geval bij de Danzigse bierbrouwer Johannes Hevelius (1611-1687), die in de sterrenkunde bekend werd als een sterke waarnemer en een bekwame selenograaf. In zijn samenvattend werk over de kometen, *Cometographia*, uitgegeven in 1668, waarin hij ons de gedetailleerde beschrijving en de geschiedenis nagelaten heeft van de kometen van 1652 en van 1664-1665, beschouwde hij deze hemellichamen als afscheidingen of uitwasemingen van planeten, die altijd maar moeten rondwentelen om niet beschadigd te worden door de hitte van de zon; maar wat hun banen betreft, was ook hij de mening toegedaan dat zij parabolen waren of in elk geval toch de paraboolvorm benaderden, met een uitstulpende vervorming, naar buiten toe, in de omgeving van de zon.

Newton wijst de weg

Het was evenwel de geniale Isaac Newton (1642-1725) die het vraagstuk van baan en beweging bij de planeten zou oplossen. Het begon met zijn merkwaardige conclusie bij het onderzoek van de wetten van Kepler. Laatstgenoemde had aangetoond *hoe* de planeten zich bewegen, Newton vroeg zich af *waarom* ze aldus bewogen. Hij zag in dat een centrale kracht uitgaande van de zon, de planeten in hun banen hield en dat eenzelfde bij de aarde horende kracht er de oorzaak van was dat de maan om onze planeet heendraait. Uit Keplers gegevens omtrent de beweging van de planeten leidde hij de intensiteit af van de middelpuntzoekende kracht. Dit werd de basis van de wet van de algemene gravitatie. Bovendien had Newton een methode uitgewerkt om uit enkele positiebepalingen van de kometen tussen de sterren in, de ware baan van die hemellichamen te berekenen.

De komeet die verscheen op 14 november 1680 kwam net op tijd om Newton toe te laten zijn theorie aan de werkelijkheid te toetsen. Dit schitterende hemelobject, met een staart die een boog besloeg van 70 graden, verdween op 5 december in de stralen van de zon. Maar 17 dagen later was er weer een briljante komeet te zien, nu aan de andere zijde van de zon. Newton had van beide de baanelementen berekend. Geen twijfel, het ging om dezelfde komeet, die naar het bleek weliswaar geen parabool beschreef, zoals Newton aanvankelijk vermoedde, maar wel een langgerekte ellips. Daaruit besloot hij dat het hier ging om een periodieke komeet, met een periode van ongeveer 575 jaar.

Om halfzeven in de morgen van 22 november 1682 nam de Engelse astronoom Edmund Halley (1665-1742), in zijn privé-observatorium te Islington bij Londen, een komeet waar die zijn interesse opeiste en die hem beroemd zou maken. Hoewel onbekend met de bevindingen van Newton, die over zijn ontdekking inzake de gravitatie nog niets had gepubliceerd, spraken Halley en Robert Hooke (1635-1703), hoogleraar in de wiskunde te Londen, een jaar later in de Londense Royal Society over de waarschijnlijke kracht die de bewegingen in het zonnestelsel veroorzaakte. Christopher Wren die sedert 1680 voorzitter was van dit geleerde genootschap, loofde een kleine prijs uit voor diegene die de proef op de som zou leveren en het bestaan van deze kracht zou aantonen. Toen er niet veel respons kwam op het voorstel van Wren, ging Halley naar Cambridge om Newton te raadplegen, omdat het blijkbaar niet mogelijk was alle grondslagen en hun consequenties voor de banen van de hemellichamen uit te werken zonder de wiskundige methoden die Newton in zijn *fluxierekening* had ontwikkeld.

Newton vertelde Halley dat hij eigenlijk het probleem van de zwaartekracht had opgelost, maar nog niet aan publicatie toe was. Halley kon Newton overhalen zijn bevindingen persklaar te maken en ze in 1686 ter beschikking te stellen van de Royal Society. Omdat deze merkwaardige studie daar niet te lang in de archieven zou blijven liggen, deed Halley een bijzondere inspanning om het geld voor het drukken bijeen te brengen, waarvan hij ten andere zelf een deel had uitgespaard. In 1687 verscheen het, op 250 exemplaren, onder de titel *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. De in dit werk uiteengezette theorie leidde tot het bewijs dat niet enkel elliptische, maar ook parabolische en hyperbolische banen het gevolg konden zijn van de wet van de gravitatie. Newton gaf met zijn werk een grondslag aan de idee dat de kometen banen beschreven die tot de kegelsneden behoorden, met de zon in het brandpunt.

De bevindingen van Newton kenden voorlopig op het continent maar weinig succes. We weten dat in 1690 Christiaan Huygens de wederzijdse aantrekking niet aanvaardde en Leibniz was volledig negatief. Maar in Engeland was dat wel anders.

Newton heeft dus de methode gevonden om de banen van de kometen in de ruimte te berekenen en daaruit was gebleken dat sommige kometen langgerekte elliptische banen beschreven, waaruit te besluiten viel dat zij na verloop van jaren moesten terugkeren. Zodat meerdere kometen die men door de eeuwen heen had opgemerkt, meestal een heroptreden waren van oudbekenden. Newton voorzag reeds dat aangezien de banen van de kometen te berekenen waren, uit vergelijking met andere die dezelfde baanelementen bezaten, hun terugkeer zou te voorspellen zijn. Uit de siderische omloopstijd en de derde wet van Kepler was dan de halvegrote as van de ellipsvormige baan af te leiden.

Edmund Halley wordt onsterfelijk

Nu de grootmeester de methode had aangegeven, was het eigenlijk niet zo moeilijk meer om die uit te werken. Maar dit kon alleen maar gebeuren door iemand die in het werk van Newton geloofde. En dat was zijn vriend Edmund Halley, die naar de aanwijzingen van Newton de baan van 24 kometen wist te berekenen, kometen die in 1337, in 1472 en verder in de 16e en 17e eeuw te zien waren. Zo stelde hij vast dat de komeet die hij in 1682 had geobserveerd - en waarvan ook positiebepalingen waren gebeurd op de sterrenwachten van Parijs en Greenwich, respectievelijk door Jean Picard en John Flamsteed - inzake gegevens overeenstemde met deze die waargenomen werd door Kepler en Longomontanus in 1607 en met deze geobserveerd door Apianus te Ingolstadt in 1531.

Hij vond namelijk volgende elementen:

Als

Ω de lengte is van de klimmende knoop;

i de helling op het vlak van de ecliptica (inclinatie);

ω de richting van de grote as;

q de kortste afstand tot de zon,

jaar	Ω	i	ω	q	beweging
1682	50°48'	17°42'	301°36'	0,58	retrograad
1607	50°21'	17°02'	302°16'	0,58	id.
1531	49°25'	17°56'	301°39'	0,57	id.

De duur van de omwenteling was dus ongeveer 76 jaar. Het verschil van tijdsduur van de ene omwenteling tot de andere verklaarde Halley door storingen veroorzaakt door de grote planeten. Daaruit bleek dat de halvegrote as 18 maal groter was dan deze van de aardbaan. Deze komeet naderde de zon dichter dan Venus en verwijderde zich verder dan Neptunus (toen nog de meest verwijderde planeet van ons zonnestelsel).

Deze vergelijkende studie van de kometen, aangevangen in 1695, werd door Halley gepubliceerd in 1705, in een verhandeling getiteld *A synopsis of the astronomy of comets*, waarin hij niet aarzelde te voorspellen dat de komeet van 1682 zou terugkeren in 1757 of

1758. Een verbeterde en aangevulde editie van dit werk verscheen in 1749, samen met zijn planetentabellen.

Halley zou de juistheid van zijn voorspelling niet meer beleven. Hij stierf, als directeur van het observatorium van Greenwich, op 25 januari 1742. Vanaf 1757 werd in alle observatoria en door veel amateurs naar de komeet uitgekeken. Maar 1758 liep ten einde en menigeen ging reeds twijfelen aan de juistheid van de voorspelling, toen op 25 december, terwijl anderen kerstmis vierden, de boer-amateur-astronoom John Palitzch, uit de omgeving van Dresden, inderdaad de komeet terugzag die Halley 53 jaar vroeger had voorspeld. Deze staartster, die voortaan de naam Halley zou dragen, kwam op 13 maart 1759 in haar perihelium. Ze was terug op het appel in 1835 en 1910, en nu in 1985-1986 was zij er weer!

Edmund Halley heeft als astronoom misschien belangrijker prestaties op zijn actief dan de voorspelling van de terugkeer van een komeet - hij toonde de eigenbeweging van de sterren aan en gaf nuttige aanwijzingen voor de bepaling van de zonneparalax - maar zijn komentenvoorspelling heeft hem onsterfelijk gemaakt. Daarmee was tevens het sterkste argument geleverd voor de gravitatie-theorie van Newton, die op het vasteland onder de aanhangers van de cosmologische theorie van Descartes nog altijd werd genegeerd of bestreden, terwijl daarmee ook grotendeels een einde werd gesteld aan een nog uit de Oudheid voortlevende kometenangst.

Bijzonderste geraadpleegde werken

F. Bodifée & M. Gyssens, 1985 - *Halley 1986*. Hove.

F. Boefer, 1873. - *Histoire de l'astronomie depuis ses origines jusqu'à nos jours*. Paris.

F. Boquet, 1925. - *Histoire de l'astronomie*. Paris.

N. Calder, 1982. - *De Komeet komt*. Baarn.

J.B. Delambre, 1817. - *Histoire de l'astronomie ancienne*. Paris.

J.B. Delambre, 1819. - *Histoire de l'astronomie du moyen-âge*. Paris.

J.B. Delambre, 1821. - *Histoire de l'astronomie moderne*. Paris.

C. Flammarion, 1925. - *Astronomie populaire*. Paris.

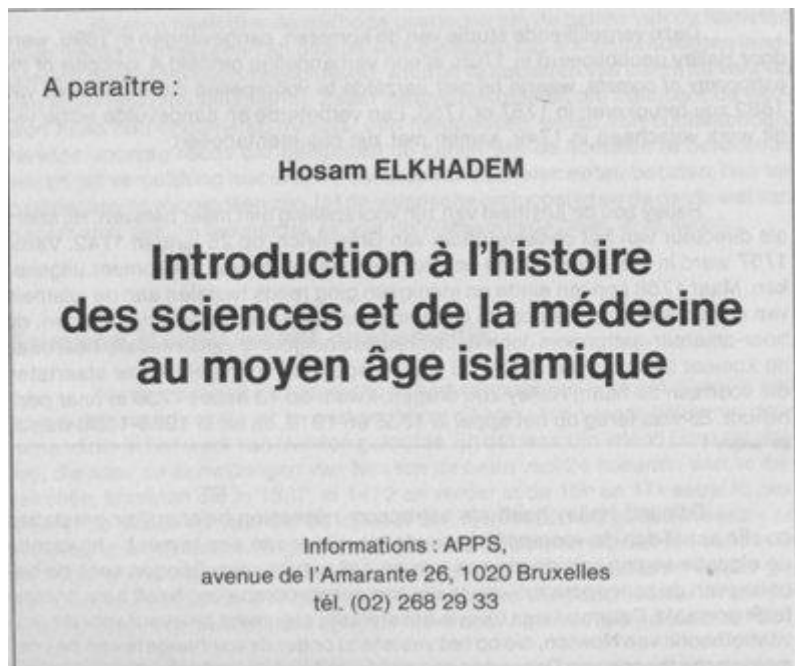
J. Meeus, 1985. - De periodieke Komeet Halley en haar verschijning in 1985-1986, *Hemelkalender*, 83-100.

Th. Moreux, 1928. - *Le ciel et l'univers*. Paris.

A. Pannekoek, 1951. - *De groei van ons wereldbeeld*. Amsterdam-Antwerpen.

A. Quetelet, 1864. - *Histoire des sciences mathématiques et physiques chez les Belges*. Bruxelles.

R. Taton, e.a., 1957-58. - *Histoire générale des sciences*, dln. I en II. Paris.



THE HISTORY OF SCIENCE TODAY (*)

Allen G. DEBUS

University of Chicago

Abstract

The author assesses the different trends in the field of the historiography of science today. George Sarton's standpoint was based on rejecting the so-called pseudo-sciences, while believing in the hierarchy of sciences and the urge to cover a long chronological period. The post-Sarton era, that is, the fifties and the sixties, on the other hand, is characterized by specialized monographs, a place granted to the so-called pseudo-sciences and the study of the relationship between science and society.

Résumé

L'auteur passe en revue les différentes tendances qui se manifestent aujourd'hui dans l'historiographie des sciences. George Sarton rejetait ce qu'il appelait des pseudo-sciences et croyait à une hiérarchie dans les sciences tout en défendant la nécessité de couvrir un long espace chronologique. Au contraire, la période post-sartontienne - c'est-à-dire, les années cinquante et soixante - abonde en monographies spécialisées, accorde une place aux « pseudo-sciences » et étudie les rapports entre science et société.

Samenvatting

De auteur onderzoekt de verschillende strekkingen in de hedendaagse wetenschapsgeschiedenis. George Sarton's standpunt was gebaseerd op het verwerpen van de zogenaamde pseudo-wetenschappen, het geloof in een hiërarchie der wetenschappen, en de noodzaak van het behandelen van lange chronologische periodes. Het post-Sartontijdperk (de vijftiger en zestiger jaren) daarentegen wordt gekenmerkt door gespecialiseerde monografieën, het toelaten van de zogenaamde pseudo-wetenschappen, en de studie van de betrekkingen tussen wetenschap en maatschappij.

In October, 1934 the Third International Congress of the History of the Sciences met in Portugal. Recent events had caused much concern and George Sarton, President of the Congress, referred to them in the inaugural session which was held in Porto.

At a moment when the liberty of thought is suppressed and man's most sacred rights are placed in peril in many civilized countries, it is more important than ever that our studies be defended and propagated. Permit me to recall to you briefly... what these studies have as their end.

Above all to determine as exactly as possible the historical facts relative to the development of the sciences - of all the *positive* sciences in all periods and throughout the world - and to do this in the same spirit as other scientific researchers, that is to say, without reservation or without any desire other than to establish the truth. Finally, as soon as the facts are sufficiently known, to prepare a synthesis as perfectly as possible and without partiality. It is clear that analysis and synthesis should succeed each other in turn to permit us to gradually raise our level of knowledge without losing view of the cohesion and unity of the sciences and their history.

This investigation is immense, but there is no need to think that we will have to conduct it to its end (thank God, we will never reach the end) to know that the most precious patrimony of humanity -the sciences and the arts -are the fruit of the efforts of men of genius of all countries, of all races and of different religions. Whatever the intellectual glory of a nation or of a race, this glory is only a small part of the common glory of all humanity - and it could never have been realized entirely without the convergent efforts of other people.

.....

Unhappily we witness at this moment in many civilized countries deliberate efforts to falsify history and to utilize it not as an instrument for moral education and emancipation, but as an instrument for political action and enslavement. This falsification of the truth is most serious... and makes our own efforts more necessary than ever.

The meeting in Portugal had been arranged quickly. It had been planned originally for Berlin, but difficulties had been encountered. Indeed, there was to be no German representative at the Congress. The sessions here were held at Porto, Coimbra and Lisbon. But other than their obvious concern for a world situation that seemed to be deteriorating, I am sure that Sarton and his colleagues were well pleased with the outcome of the Congress. The papers presented stressed the science and medicine of Portugal and most of them dealt with subjects from the Middle Ages, the great period of Discovery, and the Scientific Revolution. Chronologically these were the main areas of research a half century ago.

In 1934 there were very few historians of science in the world. The program in Portugal lists thirty-one papers and the registrations list eighty-eight people. That figure includes wives and a number of scholars who were unable to attend. The fact these people were able to meet and work together was surely due in large measure to the efforts of George Sarton. Rarely has there been such a dedicated scholar, one so determined to establish a field of study. Sarton (1884-1956) had been educated at the turn of the century.

This was a time of ferment when authors such as Cantor, Heiberg, Heath, Tannery, Sudhoff and Duhem were preparing their ground-breaking studies in the field. Sarton learned of and studied their works early in life. A Belgian, he received his B. Sc. in 1906 and his Sc. D. In 1911 from the University of Ghent, However, most of his career was to be spent in the United States of America since he left his homeland during the first World War.

(*) Conférence prononcée à Bruxelles, le 12 novembre 1985 lors de la séance inaugurale du Troisième Cycle Histoire des Sciences et des Techniques -Derde Cyclus Geschiedenis van de Wetenschappen en de Techniek. Ce texte est basé sur deux communications antérieures, « The History of Science: Professionalization and Disunity » et « The History of Science Today », données au Portugal en 1984 [IIIème Congrès International d'Histoire des Sciences. Tenu au Portugal du 30 septembre au 6 octobre 1984, sous le haut Patronage de S.E., le Président de la République Portugaise. Actes, Conférences et Communications. Lisboa, 1984: 9-10.]]

Sarton was trained as a mathematician, but his interests embraced all of the sciences. He was a dedicated man who believed that his was the most valuable form of history. To this end he took part in the founding of societies for the history of science throughout the world. He also worked for the establishment of scholarly journals in the field. He founded the History of Science Society and *Isis*, still the best known journal in the field, which was first published in Belgium in 1912. Of his many writings one must refer to his *Introduction to the History of Science* which covered the period from Homer to the fourteenth century in three massive volumes. It was published over a twenty year span and finally given up only when Sarton realized the impossibility of its completion. He also planned the publication of the lectures that composed his two year survey of the field that he gave at Harvard University - only two of the planned eight volumes had been published at the time of his death. It is unnecessary to list any of his other works here, but it is important to say a few words about his approach to the subject because of his enormous influence.

George Sarton frequently expressed his debt to the writings of Auguste Comte and there is no doubt that he considered himself a positivist. Writing in 1927 he defined science as « systematized positive knowledge.» [[G. Sarton, 1927-1948. - *Introduction to the History of Science*. I- III . 5 parts. Baltimore. I : 3.]]

Our main object is not simply to record isolated discoveries, but rather to explain the progress of scientific thought, the gradual development of human consciousness, that deliberate tendency to understand and to increase our part in the cosmic evolution [[*ibid.*, 6.]].

As a positivist Sarton sought a history of real science - that is, science as we know it today. Subjects outside science that may have formed part of man's outlook to nature in earlier periods were ignored or branded as « pseudo-science ». We know now that alchemy and natural magic were important elements in the development of modern science. Sarton was willing to accept the actual chemical reactions and equipment described by the alchemists in his history of science, but nothing else.

The historian of science can not devote much attention to the study of superstition and magic, that is, of unreason, because this does not help him very much to understand human progress. Magic is essentially unprogressive and conservative; science is essentially progressive; the former goes backward; the latter, forward. We can not possibly deal with both movements at once except to indicate their constant strife, and even that is not very instructive, because that strife has hardly varied throughout the ages.

Human folly being at once unprogressive, unchangeable, and unlimited, its study is a hopeless undertaking There can not be much incentive to encompass that which is indefinite and to investigate the history of something which did not develop [[*Ibid.*, 19.]].

Sarton also believed in a hierarchy of sciences. Mathematics stood at the top since it was necessary for the mathematical sciences: astronomy, physics and chemistry. Only eventually as we followed this scheme would we descend to the life sciences. He explained that

Men understand the world in different ways ... some men are more abstract-minded, and they naturally think first of unity and of God, of wholeness, of infinity and other such concepts, while the minds of other men are concrete and they cogitate about health and disease, profit and loss. They invent gadgets and remedies; they are less interested in knowing anything than in applying whatever knowledge they may already have to practical problems; they try to make things work and pay, to heal and teach. The first are called dreamers ...; the second kind are recognized as practical and useful. History has often proved the shortsightedness of the practical men and vindicated the « lazy » dreamers; it has also proved that the dreamers are often mistaken.

The historian of science ... is not willing to subordinate principles to applications, nor to sacrifice the so-called dreamers to the engineers, the teachers, or the healers [[G. Sarton, 1952. - *A History of Science: Ancient Science Through the Golden Age of Greece*. Cambridge: xii.]].

Sarton surely idolized the dreamers. And, as he believed that the biological sciences stood far below the mathematical sciences, he believed that medicine was lower still. Because he was convinced that medicine was a practical art he was distressed by those medical historians who claimed that medicine is the real foundation of the other sciences. Indeed, he wrote, « the main misunderstandings concerning the history of science are due to historians of medicine who have the notion that medicine is the center of science. »[[*Ibid.*, xi.]]. Sarton felt that medical historians had presented a warped version of scientific history because of their insufficient scientific knowledge.

Those of us who entered the graduate program in the history of science at Harvard University in the autumn of 1956 - only a few months after the death of George Sarton - expected the program to remain dominated by the spirit of his work. Instead we found that the most recent writings in the field were critical of Sarton and that the author most frequently referred to as a model was Alexandre Koyré, the Russian philosopher of science who spent most of his later years in Paris. It is understandable that Koyré should have insisted on a close linkage between scientific and philosophical thought, but history was also important to him for only through it could we be given a sense of the « glorious progress » of the evolution of scientific ideas [[A. Koyré, 1966. - *Etudes Galiléennes* (3 parts, 1935-1939; reprinted in one volume), Paris: 11 .]]. Like most other scholars in the field Koyré centered his research on the development of physics and astronomy in the period from Copernicus to Newton. Galileo was an author of special concern, but he rejected the « Duhem thesis »- that is, that the sources for Galileo's mechanics were to be found in the work of his medieval predecessors [[See especially P. Duhem, 1913-59. - *Le Système du Monde*. I-X. Paris.]]. For Koyré, Galileo was an innovator far removed from the medieval critics of Aristotle, and if he had any predecessor at all, one would have to find him in Archimedes. He explained the Scientific Revolution as a fundamental change in world views (from Aristotelian to Copernican) that could « be reducible to two fundamental and closely connected actions that I characterised as the destruction of the cosmos and the geometrization of space »[[A. Koyré, 1958. - *From the Closed World to the Infinite Universe*. New York: vi.]].

This revolution was not to be explained by changes in society, a move from contemplation to active research, or even « the replacement of the teleological and organismic pattern of thinking and explanation by the mechanical and causal pattern » [[*ibid.*, v.]]. In many ways the Scientific Revolution was for Koyré the triumph of Plato over Aristotle. And yet, if Sarton would have disagreed with Koyré over the importance of Plato for the rise of modern science, both would have agreed that the subject of the history of science was science and that this was the story of progress.

As students at Harvard we were also introduced to the encyclopedic works that characterized this « heroic age » of the history of science: Lynn Thorndike's eight volume *History of Magic and Experimental Science* [[L. Thorndike, 1923-58. - *A History of Magic and Experimental Science*. I -VIII. New York.]]. Pierre Duhem's ten volume *Le Système du Monde*, and the first two (and what proved to be the only) volumes of Henry Sigerist's planned multi-volume history of medicine [[H. Sigerist, 1955-61. - *A History of Medicine*. I-II . New York.]]. It seemed that vast areas of the field were just then being opened to our view. The multi-authored *History of Technology* published in five volumes by Oxford gave us insight into a subject that had been ignored by most historians of science [[C. Singer, E. J. Holmyard & A.R. Hall, eds., 1954-58, *A History of Technology*. I-V. New York – London.]]. And in 1961 both the first volume of Joseph Needham's *Science and Civilisation in China*[[J. Needham, 1961. - *Science and Civilisation in China, I: Introductory Orientations*. Cambridge.]]and the first volume of James Riddick Partington's *A History of Chemistry* (actually volume two) were published [[The first volume published was the second covering the sixteenth and seventeenth centuries. J.R. Partington, 1961. - *A History of Chemistry*. II London.]]. These works represented lifetimes of study by scholars who believed that they could cover entire fields over long chronological periods. The history of science was still a young field that had not yet reached the age of the specialized monograph.

However, it was also evident that there were gaps in our learning. For those interested in Islamic science there was not very much to turn to. I had a special interest in the science of the Iberian peninsula, but other than accounts of the great voyages of discovery there seemed little to be found. A dedicated group of young scholars had already gathered around Otto Neugebauer and as a group they were rediscovering the mathematics and the astronomy of the ancient Near East. But this group believed in specialization and they made little effort to integrate their research into the main stream of the history of science [[« I am exceedingly sceptical of any attempt to reach a 'synthesis' - whatever this term may mean - and I am convinced that specialization is the only basis of sound knowledge. » O. Neugebauer, 1952 & 62. - *The Exact Sciences in Antiquity*. New York: v-vi.]].

Above all, the nineteenth century seemed to be a wasteland. Writing in 1954 I. Bernard Cohen noted that « once we pass the boundary between the eighteenth and the nineteenth centuries, we encounter no general surveys written in a way that will serve the historian of ideas ... Only the future can tell whether the history of science in the nineteenth century can be presented in a meaningful way for the general historian » [[I.B. Cohen, 1957. - *Some Recent Books on the History of Science*, in *Roots of Scientific Thought: A Cultural Perspective*, ed. Ph. P. Wiener & A. Noland. New York: 627 -656. Published originally in the *Journal of the History of Ideas*.]]. Three years later Marshall Clagett gathered an international group of scholars at the University of Wisconsin to discuss current problems in the history of science. The resultant conference barely touched on the nineteenth century. Clagett apologized for this omission, but he explained that « so few historians are doing serious and professional historical work in the history of science of the last few decades, that the presentation of a critical discussion of such problems would be most difficult » [[M. Clagett, ed., 1962. - *Critical Problems in the History of Science: Proceedings of the Institute for the History of Science at the University of Wisconsin, September 1-11, 1957*. Madison: vi.]]. In fact, in the years since that meeting in Madison, historical research in nineteenth century science has far outstripped that in the period of the Scientific Revolution. However, this research has been somewhat uneven in that the biological research has centered on the history of evolutionary thought while very little has been done to synthesize the research on the history of the physical sciences.

Fully as important as the study of nineteenth century science has been the realization that the development of science may be influenced by factors we would not consider to be science at

all. George Sarton had dismissed alchemy, astrology and natural magic as « pseudo-science », but his decision to do this could rightly be questioned if historians of science ever chose a different approach to the field. Walter Pagel was one of the first historians of science and medicine to do this. But although his first book on van Helmont appeared in 1931, his widespread methodological influence has been more recent, dating from the publication of his *Paracelsus* (1958) and his *William Harvey's Biological Ideas* (1967) [[W. Pagel, 1930. - *Jo. Bapt. Van Helmont: Einführung in die philosophische Medizin des Barock*. Berlin; 1958. - *Paracelsus: An Introduction to Philosophical Medicine in the Era of the Renaissance*. Basel-New York; 1967. - *William Harvey's Biological Ideas: Selected Aspects and Historical Background*. Basel-New York.]]. Recognizing the fallacy of Sarton's « history of the gradual revelation of truth », Pagel countered that such an approach « based on the selection of material from the modern point of view, may endanger the presentation of historical truth » [[W. Pagel, Autumn, 1945. - The Vindication of Rubbish, in *Middlesex Hospital Journal*: 1-4.]]. Indeed, histories in which « discoveries and theories of the past are taken from their original context to be judged alongside modern scientific and medical entities » are likely to be dangerously misleading [[*Ibid.*]].

How then should the historian of science proceed? Referring to his own research, Pagel suggested that:

Instead of selecting data that « make sense » to the acolyte of modern science, the historian should therefore try to make sense of the philosophical, mystical or religious « side-steps » of otherwise « sound » scientific workers of the past – « side-steps » that are usually excused by the spirit or rather backwardness of the period. It is these that present a challenge to the historian: to uncover the internal reason and justification for their presence in the mind of the savant and their organic coherence with his scientific ideas. In other words it is for the historian to reverse the method of scientific selection and to restate the thoughts of his hero in their original setting. The two sets of thought - the scientific and the non-scientific - will then emerge not as simply juxtaposed or as having been conceived in spite of one another, but as an organic whole in which they support and confirm each other. There is no other way to lay the savant open to our understanding [[W. Pagel, 1967. - : 82.]].

It has thus been Walter Pagel's desire to interpret the facts of medical and scientific history « as the outward expression of their time ». When this has been done, he explained.

It will then appear that not only certain standards of technical equipment made discoveries possible, but that these can be seen also as the offspring of certain non-scientific ideas and of a particular cultural background ... The History of Medicine will then appear much more complicated than it does in the usual perspective of straight lines of progress. Yet we will have to embark on the cumbersome task of reconstructing ancient thought if we wish to write history - and not best sellers [[W. Pagel, 1945. -: 4.]].

Important though Pagel's work has been, his influence may well have been less than that of the late Dame Frances Yates who wrote a series of books relating the Scientific Revolution to Hermeticism. A literary historian, Dame Frances first attracted the attention of historians of science with the publication of her *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition* in 1964[[F.A.Yates, 1964. - *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition*. Chicago-London-Toronto.]]. Here was an attempt to assess the work of Bruno as a sixteenth-century supporter of the heliocentric theory not because he was a forward-looking scientist, but because the sun-centered system best accommodated his mystical, « Hermetic », views of the sun and the universe. This book is surely one of the most influential to have been published in the history of science in the past two decades. And on the whole this influence has been healthy, since

she urged historians to cope with a vast body of texts that never should have been ignored in the past.

The Yates influence has also had dangerous side effects. Overwhelmed by the importance of Hermeticism, Neo-Platonism, magic and other mystical strands of Renaissance philosophy, Frances Yates went on to ever more daring positions that were based upon less and less solid evidence. In *The Rosicrucian Enlightenment* (1972), she came close to insisting that the entire Scientific Revolution developed from Renaissance mysticism and magic [[F.A. Yates, 1972. - *The Rosicrucian Enlightenment*. London-Boston.]]. Still more recently, she came close to ascribing Newton's mathematical genius to the influence of the late sixteenth-century mathematician and alchemist, John Dee [[See *Ibid.*, 113, 171-205.]]. Unfortunately, these suggestions have not been upheld by the sound historical evidence they require. They are speculations which must be considered doubtful at best.

The works of Pagel and Yates have generated considerable interest and debate. And it may be worth noting that neither of them represents any of the older, traditional fields in the history of science. Yates may best be described as a literary historian while Pagel was a classicist and a pathologist as well as an historian of medicine. But they both offered a challenging approach to the history of science - one that may go far toward solving the entire problem of the Scientific Revolution.

Among historians of science the study of the pseudo-sciences has aroused the most conflict in relation to the proper interpretation of the work of Isaac Newton. All would agree that Newton represents the culmination of many strands of early modern physics, mathematics, and astronomy, but how is one to interpret the thousands of folios of alchemical manuscripts he wrote? Among the first to try to integrate them into a total picture of Newton has been R.S. Westfall who had earlier discussed this author only in terms of the traditional postivistic history of science. But by the early 1970s Westfall had become convinced that the Hermetic mysticism of the seventeenth century was an essential ingredient in Newton's thought and that this philosophy led « the relatively crude mechanical philosophy of the seventeenth century science to a higher plane of sophistication » [[R.S. Westfall, 1972. - *Newton and the Hermetic Tradition in Science, Medicine and Society in the Renaissance: Essays to honor Walter Pagel* .I-II, ed. Allen G. Debus, New York: 183-98.]]. And, in the most recent contribution to the study of Newton's alchemy, B.J.T. Dobbs has gone further to claim not only that much of Newton's most important work derives from his alchemical speculations, but that the « whole of his career after 1675 may be seen as one long attempt to integrate alchemy and the mechanical philosophy » [[B.J.T. Dobbs, 1975. - *The Foundations of Newton's Alchemy or «The Hunting of the Greene Lyon* », Cambridge- London- New York- Melbourne: 230.]].

It is little wonder that more traditional historians of science have expressed their fears of these new developments. At a meeting at King's College, Cambridge (1968) devoted to new trends in the field, P.M. Rattansi argued the case for contextual history stating that the « historian's task cannot be that of isolating 'rational' and 'irrational' components, but of regarding it as a unity and locating points of conflict and tension only on the basis of an exploration in considerable depth » [[P.M. Rattansi, 1973. - *Some Evaluations of Reason in Sixteenth and Seventeenth Century Natural Philosophy*, in *Changing Perspectives in the History of Science: Essays in Honour of Joseph Needham*, ed. M. Teich & R. Young, London: 148-166.]]. In reply, Mary Hesse argued against the inclusion in the field of subjects that were not truly scientific in modern terms. The pseudo-sciences might well belong to history, but they could not be considered as part of the history of science. Anticipating that such an approach might be considered exclusive, she added that it is essential that we should use modern science as a means of weighting the arguments of the past. To use judgments of the past that include non-

scientific elements is a waste of our time. Indeed, she concluded, we must be careful what we read or permit ourselves to assess since, by « throwing more light on a picture, we may distort what has already been seen » [[M. Hesse, *Reasons and Evaluation in the History of Science*, *Ibid.*, 127-147.]]. Hess's reaction is by far the most extreme yet to surface from the more traditional historians and philosophers of science.

The impasse evident in the exchange between Hesse and Rattansi exhibits the tension currently existing in the field. And yet, the role of the so-called pseudo-sciences is hardly the only source for this. Perhaps the sharpest debate at the moment concerns the relation of science and society. Only a few years ago this seemed to be relatively unimportant. When Thomas S. Kuhn prepared a history of science for the *Encyclopedia of the Social Sciences* (1968) he compared « internalist » with « externalist » histories of science. The former dealt with technical questions related to the growth of science; the latter were « attempts to set science in a cultural context which might enhance understanding both of its development and its effects ... » [[T.S. Kuhn, 1968; 1979. - History of Science, in *International Encyclopedia of the Social Sciences*, I-XVIII, ed. D.L Sills. New York: XVI, 75-83.]]. Of special interest was the debate over the thesis proposed by Thomas K. Merton (1938) which sought to explain the success of seventeenth century science in England by pointing to (a) the Baconian emphasis on practical arts and trade processes and (b) the stimulus of Puritanism in religion [[*Ibid.* 79-81.]]. But if Kuhn argued that internal and external histories of science are complementary, it is also clear that he thought that external history of science was for the most part passé - proposed for the most part by scholars who had not made their point. The « new generation of historians », and here Kuhn was referring primarily to the Koyré inspired historians, claimed

to have shown that the radical sixteenth- and seventeenth-century revisions of astronomy, mathematics, mechanics, and even optics owed very little to new instruments, experiments, or observations. Galileo's primary method, they argue, was the traditional thought experiment of scholastic science brought to a new perfection [[*Ibid.* 80.]].

This was far removed from the craft tradition or the new methodology of Bacon which failed consistently. As far as the seventeenth century is concerned, Kuhn suggested that only the « new » sciences such as electricity and magnetism, chemistry, and thermal phenomena borrowed from the craft tradition [[*Ibid.*]]. The mathematical sciences should continue to be studied by internal methods.

Kuhn's much discussed *Structure of Scientific Revolutions* (1952) is an internalist study seeking to explain scientific revolutions in terms of the replacement of one scientific paradigm with another [[T.S. Kuhn, 1962. - *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago. This book was also issued as vol. II, number 2 of the *International Encyclopedia of Allied Science* published by the University of Chicago Press.]]. With ever increasing interest in non-scientific factors in the growth of science it is little wonder that this work has not strongly affected historians of science. Rather, it has appealed most to social scientists, philosophers and historians who have used it less as a model for the history of science than they have to examine the internal development of their own fields [[As examples of this literature see the following : B. Barnes, 1982. - *T.S. Kuhn and Social Science*, New York; S. Seiler, 1980. - *Wissenschaftstheorie in der Ethnologie: zur Kritik u. Weiterführung d. Theorie von Thomas S. Kuhn anhand ethnograph.* Berlin; G. Gutting, ed. c. 1980. - *Paradigms and Revolutions: Appraisals and Applications of Thomas Kuhn's Philosophy of Science*. Notre Dame.]].

For Thomas Kuhn the « new » history of science was to be primarily internalist. However, the late sixties and the early seventies were to see an ever growing interest in the interrelation of science with society. For this reason the history of science has become a field far more

attractive to historians, philosophers and social scientists - many of whom have had little training in either the sciences or the history of science. These authors argue that significant aspects of scientific history may now be grasped without the technical scientific knowledge that earlier seemed to be essential. There have been mixed results from this since, in fact, technical knowledge does remain important even in some of the most esoteric areas of the history of science. Still, a number of important studies have appeared. For example, Keith Thomas' *Religion and the Decline of Magic* (1971) is a monumental contribution to our understanding of the early modern intellectual scene in England [[K. Thomas, 1971; 1973. - *Religion and the Decline of Magic: Studies in Popular Beliefs in Sixteenth - and Seventeenth-Century England*. Harmondsworth.]]. No less important is the work of Christopher Hill who has used the recent studies of alchemy and the Paracelsians as an integral key to his understanding of the Civil War in England in his *The World Turned Upside Down* (1972) [[C. Hill, 1972; 1973. - *The World Turned Upside Down: Radical Ideas During the English Revolution*. New York: especially 231-246.]].

In *The Newtonians and the English Revolution, 1689-1720* (1976), Margaret Jacob has argued that the triumph of Newtonian physics may have been due less to the internal worth of Newton's science than it was to the fact that English theologians in the period of the « Glorious Revolution » (1688) sought a powerful ally through their espousal of the Newtonian synthesis. She sees the new science as an explicit rejection of the older mechanical philosophies of Hobbes and Descartes as well as the Aristotelianism of the universities and the radical cosmologies of the mid-century which had too often been associated with those who rose in rebellion against the Church and State. For Jacob, the explanation of the triumph of Newtonianism is to be found in « its usefulness to the intellectual leaders of the Anglican Church... for their vision of... the ordered, providentially guided, mathematically regulated universe » [[M.C. Jacob, 1976. - *The Newtonians and the English Revolution 1689-1720*. Ithaca: 16- 17.]]. This is what they saw in Newton's work.

Here we are provided with an explanation of the Newtonian triumph on grounds totally divorced from the fact that Newton's work represents the culmination of nearly a century and a half of scientific discussions and research going back to Copernicus.

American Association for the Advancement of Science held in December, 1979, Charles C. Gillispie lashed out against those who accepted the new methodologies in the field. As reported in *Science* Gillispie complained that « the history of science is losing its grip on science, leaning heavily on social history, and dabbling with shoddy scholarship ». He attacked those who discussed scientific problems but who had little or no scientific training.

Less odious but still troublesome to Gillispie are social historians that ignore science altogether, such as studies that deal with the role of women in a particular scientific institution but omit their actual scientific work... Another trend, he said, is that scholars focus on the personal and anecdotal: Newton on alchemy rather than on motion, Kekule's snake dance rather than the benzene ring, Darwin's neurosis rather than his marshaling of evidence. Some so-called scholars focus on scandal ... « These scholars », says Gillispie, « have a lust for just the sort of thing most rigidly ruled out of court in the science we do now - the irrational, the personal » [[W.J. Broad, History of Science Losing Its Science, in *Science* 207 January 25, 1980: 389.]].

Of course Gillispie's plea for a return to the values of Koyré has been dismissed by the social historians of science who have replied that

The social history of science has by now established itself within the discipline as a legitimate method of approaching the past. Despite recent rearguard action, notably by C.C. Gillispie,

most historians accept that the traditional practices of analyzing theoretical developments within the sciences need to be supplemented by the study of the changing social foundations of scientific activity. The 'internal vs. external' debates of the late 1960s are, one hopes a thing of the past [[P. Wood, September, 1980. – Recent Trends in the History of Science: The dehumanisation of history, in *BSHS Newsletter*, N° 3: 19-20.]].

At the death of George Sarton the history of science was established as a small field, but one that was recognized by many as having importance. However, because of its historical development it was to be found in the academic world most frequently in the form of programs independent of history or science. Most publishing historians of science twenty-five years ago had been trained as scientists. Sarton recognized this, but believed that in the future the professional historian of science should have at least two masters' degrees- one in a science and the other in history - before proceeding on to his Ph.D. in the history of science. However, the influence of Koyre and a trend among philosophers away from the history of philosophy toward the philosophy of science emphasized the growth of independent programs in the history *and* philosophy of science. During the fifties and the sixties there were further discussions of the relationship of the history of science to both history and the sciences.

In 1956 it seemed clear that the history of science required an expertise in the sciences that seemed to set it apart from the training received by all but the most unusual historians. But at this time traditional historians were becoming aware of the tremendous impact of science and technology on our lives and this gave rise to a certain urgency to learn more of this field. Thus, in a lecture on « The History of Science and the Study of History » in 1959 Herbert Butterfield said that,

Although the world had long known that science and technology were important, it is only recently that these things have taken command of our destiny - that destiny which we had learned from our history books to regard as depending so greatly on the wills of statesmen[[H. Butterfield, 1959, - The History of Science and the Study of History, in *Harvard Library Bulletin* 13: 329-347.]].

He argued that historians must take into account the rise of modern science and that when they do this it will « change the whole character of historiography » [[*Ibid.* 347.]]. And yet Butterfield did not challenge the independence of the history of science. In his still influential *The Origins of Modern Science 1300-1800* (1949), he presented the customary positivistic approach to the field that was current in the immediate post-war years [[H. Butterfield, 1952. - *The Origins of Modern Science 1300-1800*. New York.]]. The history of science must be understood by historians, but the field could rightly develop on its own because of the specialized knowledge it required. In fact Butterfield's call for a greater awareness of science by historians was heeded. As more and more doctorates were awarded in the history of science in the 1960s and 1970s most of these young scholars found themselves hired by departments of history rather than by the older independent programs in the history of science or the history and philosophy of science. This new interest among traditional historians surely accelerated the move toward new areas of research such as those I have already noted, the part played by the pseudo-sciences in the rise of modern science as well as more general topics relating science to society and culture.

The development of the field in recent decades has also reopened the question of the relationship of the history of science to the sciences. In the 1950s few scientists were more influential in arguing reform in scientific education than James B. Conant. The War had shown clearly the need for more advanced scientific training for American youth. As a result, the method of teaching the sciences was rethought - and, at the same time, historical « case-

studies » were introduced to give non-science majoring undergraduates the opportunity to see how the sciences have developed. But Conant, in a lecture delivered in 1960, stated that history was just as valuable for the scientist. He believed that scientific education was frequently too narrow and that the use of the case history approach would give students vision that would be broader and more informed [[J.B. Conant, 1960. - History in the Education of Scientists, *Harvard Library Bulletin* 14: 315-333.]]. He outlined a new science curriculum that would prepare students first in the history of their own science specialty and then in the history of modern science. These courses were to be followed by others in the history of science taken in its widest possible sense and - only then - cultural and political history which would be understood in connection with the earlier courses in the history of science. He was far less enthusiastic about those who sought to equate the history of science with the social history of science - or the philosophy of science [[*Ibid.* 325.]].

Conant's ambitious plans for the historical training of scientists never bore fruit although the case-history approach to science was extensively employed in American universities in the fifties and sixties. However, eventually these courses were largely abandoned. For scientists they seemed to move too slowly for the mass of material required to be taught. For historians of science they were not historical enough - and for students with little interest in the sciences these courses were often less interesting than a concentrated survey course in a particular science might have been [[This assessment is my own after having taught courses of this genre for four years both at Harvard University and the University of Chicago during the years 1957-1959 and 1961-1963.]].

Although there are several notable cases in the history of science in which a scientist's knowledge of much older literature led to a breakthrough, these cases are few and far between. I can recall a discussion presided over by Herbert Butterfield in 1959. There were some thirty students and faculty members present and Butterfield asked if anyone knew of a case in which a knowledge of the history of science proved to be of direct value in a scientific discovery. I was the only one present who answered - and that was only possible because I had then recently been working on the discovery of the inert gases and knew of Ramsay's reading of the eighteenth-century papers by Cavendish and of their influence on him.

Thomas Kuhn agreed that the sciences might not benefit much from the reading of the history of science. In 1968 he wrote that

Among the areas to which the history of science relates, the one least likely to be significantly affected is scientific research itself. Advocates of the history of science have occasionally described their field as a rich repository of forgotten ideas and methods, a few of which might well dissolve contemporary scientific dilemmas. When a new concept or theory is successfully deployed in a science, some previously ignored precedent is usually discovered in the earlier literature in the field. It is natural to wonder whether attention to history might not have accelerated the innovation.

Almost certainly, however, the answer is no. The quantity of material to be searched, the absence of appropriate indexing categories, and the subtle but usually vast differences between the anticipation and the effective innovation, all combine to suggest that reinvention rather than rediscovery will remain the most efficient source of scientific novelty [[T.S. Kuhn, 1968; 1979: 81.]].

In general I would agree with Kuhn's conclusion: ... we should not study the history of science only in the hope of finding long forgotten laws or discoveries still valid today. And yet, the history of science does have a real value for scientists as well as non-scientists.

Through a study of the earlier literature in his own field the student will become aware of the scientific process. He should surely learn to appreciate the fact that the results we accept today were not generally arrived at in a simple manner - and that the same process of debate is part of science today. I have heard historians of astronomy argue that a knowledge of the history of astronomy does help to clarify current astronomical debates. And we find historians of Darwinian evolution active both in the biological sciences and in the heated Creationism debates.

During the past hour I have chosen to illustrate the change in this rapidly growing field by concentrating on only a few factors, its growth in subject matter, the debates that have occurred over the introduction of the so-called pseudo-sciences and societal factors in the growth of modern science, and the discussion of the relationship of the history of science to both history and the sciences. I might well have turned to other topics such as the new interest in the history of technology and its relationship to scientific research or the study of science in specific national settings, but I believe that the examples I have chosen will suffice to indicate the types of problems that have engaged the members of the profession over the past few decades.

I sometimes wonder what George Sarton would think of the field if he were still alive. At the time of his death his positivistic views were still dominant. Today they are passé. The history of science has developed to its present state in a relatively short period of time, but this maturity has also been accompanied by a decay of the comfortable sense of progress with which it was once identified. Indeed, the present defensive attitude of some historians of science indicates just how far the interest in new methodologies has penetrated the field. Today in addition to scientists and historians of science there are a number of historians, literary critics, and social scientists who are effectively applying the history of science to their own areas of research.

And yet, there is really no need to fear - as Gillispie evidently does - that the history of science will lose its need for the technical data of the sciences. The history of science will always require technical research in the sciences and the histories so produced will always have value. But this does not mean that we should be unwilling to go beyond the technical monographic studies and the technical criticism that have characterized much of the post-war scholarship in this field. There must be room for syntheses that lead to a broader understanding of science as a whole as well as its interrelation with other areas of human endeavor. I think that we should learn to apply the method of Walter Pagel to understand discoveries in terms of the entire work of the discoverer and then go on to understand the discoverer in terms of the total intellectual milieu that shaped him. Only when this is done will it be possible for our histories to truly reflect the impact of science on civilization. Only when this is done will we see that there is no real conflict between the traditional internalist and externalist schools of the history of science. And only when this is done will the value of the history of science be universally accepted by historians and scientists alike.

RECENSIONES

A. J. TURNER (1984-5)

The Time Museum. Catalogue of the Collection. vol I : Time Measuring Instruments, Part 1 : Astrolabes, Astrolabe Related Instruments; Part 3: Water-clocks, Sand-glasses, Fire-clocks. General Editor Bruce CHANDLER.

Rockford, Illinois, 268 p. + 183 p., ill.

The Time Museum à Rockford, Illinois, ouvert depuis 1970, s'est engagé dans un ambitieux projet, le plus ambitieux qu'on ait conçu depuis longtemps dans le domaine des instruments scientifiques: il s'agit du catalogage de la collection d'instruments de mesure du temps qui, rassemblée au fil des ans par Seth G. Atwood, compte plus de 3.000 pièces qui sont bien davantage qu'une simple accumulation d'objets.

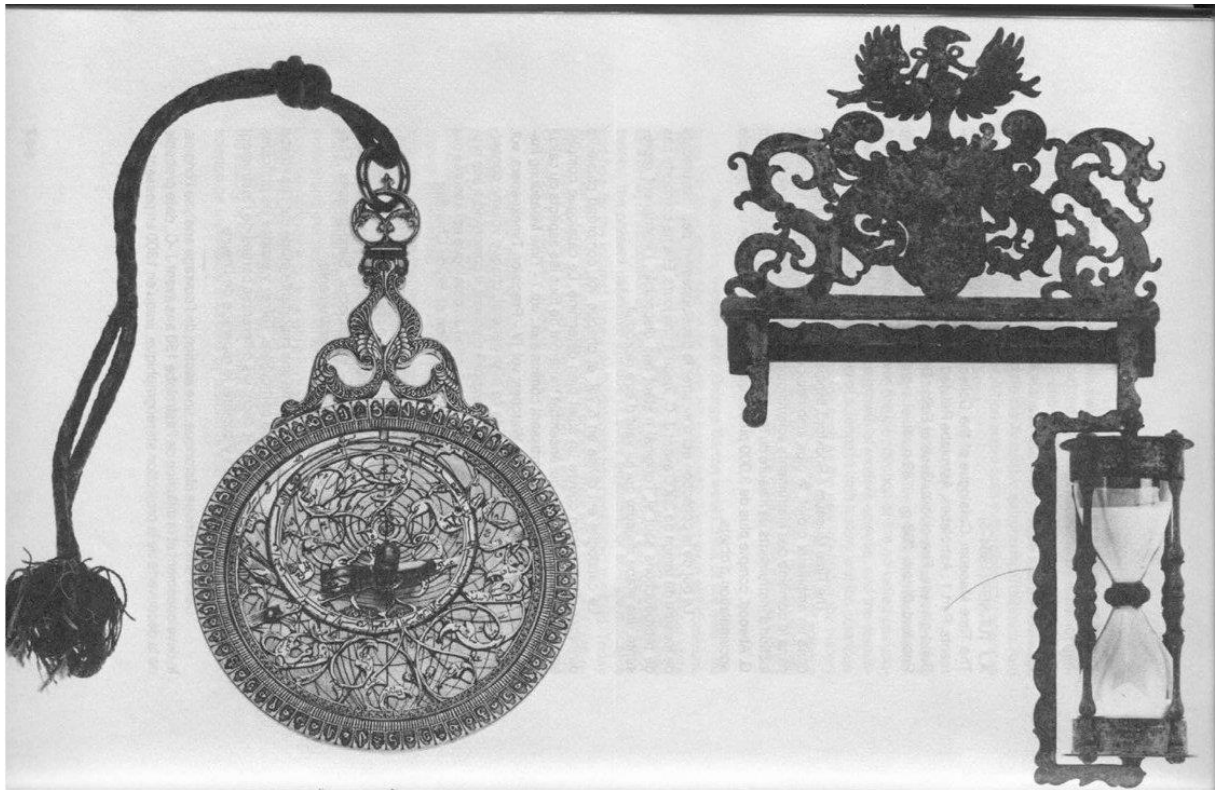
Le but de la collection est d'illustrer le développement des instruments de mesure du temps de 3000 avant J.-C. jusqu'à nos jours. Elle ne comporte pas de reproductions sauf si, l'original n'étant pas disponible, l'instrument représente une étape majeure qui lui vaut d'être reproduit.

Le catalogue est divisé en 5 vol. et chaque vol. comprend plusieurs ouvrages dont chacun couvre un sujet bien déterminé. Le catalogue complet sera formé de 40 ouvrages qui ensemble traiteront de tous les aspects du calcul du temps. Les matières se répartissent comme suit: vol. I- Time Measuring Instruments; vol. II- Clocks; vol. III- Watches; vol. IV - Precision Timekeepers; vol. V - Horological Literature. Au sein de ce plan général, chaque volume conservera son autonomie puisque, outre son exposé discursif, il comprendra ses propres bibliographie, glossaire et index. La rédaction du catalogue est assurée par 24 spécialistes internationaux sous la coordination de Bruce Chandler.

Le projet jouit de moyens typographiques et techniques remarquables: ces deux splendides volumes en sont le résultat. Le premier volume du catalogue est divisé en quatre parties: 1 - Astrolabes, Horizontal Instruments, Astrolabe Quadrants; 2 - Sundials, Nocturnals; 3 - Waterclocks, Sand-glasses, Fireclocks; 4 - Calendars, Astronomical and Other Instruments.

On trouve, dans la première partie une importante étude sur l'astrolabe planisphérique que pour une latitude particulière. Turner y expose les principes de la projection stéréographique et décrit les différentes parties de l'instrument ainsi que ses multiples usages y compris le repérage de l'heure.

Dans une optique historique, une section de l'ouvrage analyse l'origine, le développement et la diffusion de l'astrolabe 150 ans avant J.-C., date probable de la découverte de la projection stéréographique, jusqu'en 1300 en passant par les données théoriques exposées par Ptolémée (ca 100-ca 170) dans son *Planisphaerium*. Exemple de l'interrelation entre les sciences grecques et celles du moyen âge islamique, ce traité de Ptolémée, perdu dans sa version originale, a survécu dans sa traduction arabe établie par Maslama al-Majriti (m.ca 397/1007) et traduite à son tour en latin par Hermannus Dalmatus (XIIème siècle). Turner cite plusieurs instruments qui, reposant sur la projection stéréographique, peuvent être légitimement considérés comme les ancêtres de l'astrolabe.



Astrolable planisphérique, Perse, 1194/1780 et sablier mural, Allemagne, ca. 1600.

S'attachant alors à l'astrolabe lui-même, il en décrit les trois fonctions de base ainsi que celles qui s'y ajoutèrent au fil des siècles au fur et à mesure que s'élargissait la connaissance des potentialités de l'instrument. Ceci l'amène à étudier la littérature consacrée à l'astrolabe depuis le premier traité connu, celui de Théon d'Alexandrie (IV^{ème} siècle) jusqu'à ceux de Severus Sebokht (VII^{ème} siècle) en syriaque, d'al-Fazari (m. ca 161/777), d'al-Farghani (m. après 247/861) et, pour l'Espagne musulmane, d'Ibn al-Saffar (m. ca 427/1035).

L'astrolabe occupe une place privilégiée dans l'histoire des sciences du moyen âge islamique. Turner divise son étude de l'astrolabe islamique selon des critères de répartition géographique: la Perse et le monde islamique oriental jusqu'en 1500; l'Espagne et le Maghreb; la Perse et l'Inde après 1500 forment trois sous-chapitres où sont soulignées les différences régionales dans la conception de l'instrument mais aussi les relations et les influences qui se sont exercées. Enfin il souligne le rôle de l'astrolabe dans la pratique de l'astrologie et l'établissement des horoscopes.

Turner évoque ensuite la transmission des connaissances relatives à l'astrolabe du monde islamique au moyen âge occidental à partir du XI^{ème} siècle et la place qu'occupait l'instrument dans la littérature latine jusqu'au XIII^{ème} siècle. Le premier traité consacré à ce sujet est *l'Opus praeclarissimi astrolabii; Practica astrolabii; De operationibus scale quadrantis in astrolabia scripte* (Ferrare, 1475).

L'importance des ateliers de Gemma Frisius (1508-1555), Mercator (1512-1594) et Arsenius (XVI^{ème} siècle) en Flandre est soulignée.

Enfin, Turner analyse l'abandon de l'astrolabe, son déclin et sa mort à la naissance de l'astronomie moderne qui entraîna la disparition des fonctions scientifiques et sociales de l'instrument.

Le *Catalogue* contient la description de vingt-et-un astrolabes planisphériques, quinze d'origine orientale du Vème au XIXème siècle et six d'origine occidentale, du XIVème siècle au XXème siècle. Les caractéristiques régionales tant stylistiques que scientifiques sont mises en évidence.

Turner consacre un chapitre à l'astrolabe universel ou *Saphaea Azarchelis* dû à l'astronome hispano-musulman al-Zarqali (m. 494/1100) et à la *lamina universalis* de son compatriote Ali Ibn Khalaf Ibn Ahmar. Il s'agit certainement de la modification essentielle apportée à l'astrolabe au cours de sa longue histoire puisqu'elle résolvait les problèmes de manipulation créés par la nécessité d'employer plusieurs plaques de projection stéréographiques en fonction du changement de latitude.

Cette technique fut adoptée en occident notamment par Gemma Frisius, Juan de Rojas Sarmiento (XVIème siècle), Philippe de la Hire (1640-1718) et E. A. Reeves (1862-1945). Le Time Museum possède deux *Saphaeas* d'origine orientale (Cat. 22 et 23) et deux d'origine occidentale (Cat. 24 et 25).

Les collections ne contiennent ni bâton d'al-Tusi (m.ca 620/1213) ni astrolabe sphérique, mais Turner, dans un souci d'exhaustivité, les décrit néanmoins.

La dernière section du catalogue énumère les instruments associés à l'astrolabe comme les instruments horizontaux, les quadrants et le pantocosme.

Cette étude de l'astrolabe, même si elle n'accorde aucune place aux bases mathématiques nécessaires à la conception de l'instrument, mérite de figurer à côté des travaux de référence dus à Henry Michel, Emmanuel Poulle, R.T. Gunther, Francis Maddison, Derek John de Solla Price et Willy Hartner.

Chaque type d'instrument représenté est analysé et on souligne les étapes significatives de leur développement. Ces chapitres introductifs constituent une excellente introduction à l'histoire de ce type d'instruments. Elle est complétée par l'ensemble des notices descriptives consacrées aux pièces de la collection qui sont présentées, autant que possible, dans l'ordre chronologique.

Les renseignements que chaque notice apporte sont disposés dans un ordre immuable: numéro d'ordre, nom de la pièce, date, matière, dimensions, signature du fabricant, numéro d'inventaire, description de la pièce, provenance et note biographique sur le fabricant.

Ce volume, Part 3, traite des horloges hydrauliques, des sabliers et des horloges à combustion. A titre d'exemple de méthodologie, nous prenons le chapitre consacré aux horloges hydrauliques. Dans une introduction historique (p. 1-44) d'une grande rigueur scientifique qui fait avec clarté la synthèse du sujet, Turner analyse les points suivants: clepsydre à écoulement ou à arrivée d'eau, horloge hydraulique par submersion, clepsydre à compartiment cylindrique. L'horloge hydraulique est connue de presque toutes les civilisations et Turner recherche les solutions qu'ont apportées aux problèmes qu'elle posait, l'Égypte, Babylone, la Grèce, Rome, Byzance, le moyen âge islamique et latin, la Chine et l'Inde, et ce jusqu'au XXème siècle puisque la tradition de la clepsydre ne disparaît pas avant cette époque.

La collection d'horloges hydrauliques va d'ailleurs d'une clepsydre égyptienne de 1400 avant J.-C. (en fac-similé) à une horloge hydraulique suisse en plexiglas et aluminium construite en 1968-69. Une des pièces les plus imposantes de la collection est la reconstruction à l'échelle 1/2 de la tour Su Song (1020-1109) élevée à Kaifeng. Cette tour qui mesurait à l'origine 5,38

m de haut fonctionnait par échappement d'eau et, outre le temps, indiquait aussi les mouvements des corps célestes. La force motrice qui animait l'engin devait donc être contrôlée avec une extrême précision pour servir ce double but.

La section consacrée aux sabliers (Cat. 8 à 20) n'est pas moins intéressante: Turner montre les mêmes qualités dans l'exposé qu'il fait des problèmes propres aux sabliers: mesure de courts intervalles de temps, techniques de fabrication (deux ampoules indépendantes qui ne sont pas soufflées conjointement avant le XVIIIème siècle), histoire assez brève, du sablier - la première mention d'un sablier figure dans les archives de la marine britannique en 1345/6 est analysée ainsi que la valeur symbolique de cet instrument en art et ses usages variés (marine, astronomie, médecine et vie quotidienne).

Turner applique la même méthode aux horloges à combustion qui comprennent les horloges à chandelles (Cat. 21 et 22) les horloges-lampes (Cat. 23- 29) et les horloges à encens (Cat. 30-36). Il s'agit de la technique la plus primitive, sinon la plus ancienne, et l'horloge à chandelle, mentionnée en Chine dès le VIème siècle, et en usage durant tout le moyen âge. Turner explique notamment les améliorations apportées à cette technique par al-Jazari (m.ca. 603/1206) qui la combina à des automates.

Quant aux horloges-lampes, elles se répartissent géographiquement selon le combustible utilisé: si l'huile est un combustible universel, la cire est employée dans le bassin méditerranéen et l'Europe du Nord tandis que l'encens est caractéristique de la Chine, du Japon et de la Corée. Turner ici aussi établit l'histoire de ce type d'horloges dans le cadre des différentes civilisations.

Chaque volume se termine par un glossaire des termes techniques de son domaine et par une bibliographie qui, quoique limitée aux ouvrages cités, englobe à la fois les traités classiques et des publications récentes.

Les introductions historiques de ces deux parties du vol. I qui, dans leur ensemble, constituent une remarquable synthèse de l'histoire des instruments de mesure du temps, l'analyse de la littérature qui s'y rattache, les notices descriptives qui veillent à replacer chaque pièce dans son contexte historique, scientifique et souvent social élèvent ce *Catalogue* bien au-dessus d'une œuvre strictement descriptive et en font un excellent ouvrage de référence.

H. Elkhadem

Sharon GIBBS with George SALIBA (1984)

Planispheric Astrolabes from the National Museum of American History.

Smithsonian Institution Press, Washington D.C., VIII-231 p., ill.

(Smithsonian Studies in History and Technology, N° 45).

La collection d'astrolabes du National Museum of American History dont nous analysons ici le catalogue est par ordre d'importance la quatrième collection d'astrolabes du monde après celles du Museum of the History of Science, Oxford, du Maritime Museum, Greenwich et de l'Adler Planetarium, Chicago. Ce catalogue, par sa rigueur scientifique et la précision de ses descriptions est à la hauteur de la qualité exceptionnelle des pièces qui forment la collection.

Les auteurs donnent la description des cinquante-deux astrolabes planisphériques de la collection. En guise d'introduction, un chapitre expose en termes clairs la fabrication et l'usage de l'astrolabe, indiquant en outre tous les équivalents anglais des parties constitutives de l'instrument. S'y ajoute un développement historique qui rassemble toutes les informations concernant le fabricant de chaque pièce et les dates indiquées sur l'instrument. Ces différentes données s'inscrivent dans un large contexte historique que les auteurs conçoivent en deux vastes périodes, avant et après le XV^{ème} siècle. Un intéressant passage (p. 20-21) concerne le pseudo-astrolabe.

Tous les astrolabes de la collection passent au crible d'une analyse comparative détaillée qui met en évidence toutes les particularités qui permettent de distinguer les astrolabes du moyen âge islamique de ceux qui furent conçus dans l'Occident latin ou en Inde. Ces particularités sont mises en rapport avec les conditions culturelles et sociales de chaque région. Cette analyse s'attache à chaque partie essentielle des éléments fonctionnels des astrolabes en spécifiant systématiquement le rôle de chacune de ces parties. Les auteurs se basent pour cet aspect de leur étude sur les trois sources classiques pour la construction de l'astrolabe: Masha'allah, al-Biruni et Chaucer.

Le catalogue proprement dit (p. 61-189), abondamment illustré, décrit minutieusement les cinquante-deux astrolabes de la collection, complétant ainsi l'étude comparative. Il contient les transcriptions et les traductions des inscriptions gravées sur les différentes parties des instruments.

Trois appendices terminent l'ouvrage, tous trois hautement utiles pour le chercheur qui aborde l'étude de l'astrolabe. L'appendice I contient un répertoire géographique des noms arabes de villes avec leurs coordonnées, tels qu'ils figurent sur les astrolabes. Les difficultés de lecture de ces coordonnées sont discutées. L'appendice II rassemble le nom de toutes les étoiles qui sont indiquées sur l'*ankabut*, araignée ou *rete*, des astrolabes, formant ainsi de véritables cartes du ciel. Cet appendice comprend quatre tables selon les caractères- arabes, hébraïques, sanskrits et latins- qui indiquent le nom des étoiles. L'appendice III expose la méthode employée pour tracer l'écliptique et établir la projection stéréographique, éléments de base pour la construction de tout astrolabe.

L'ouvrage se termine par une bibliographie des ouvrages cités qui rassemble les traités classiques, anciens et modernes, sur l'astrolabe, son histoire, sa fabrication et ses usages.

L'ouvrage est remarquable et constitue un excellent exemple de méthodologie de catalogage. La minutie des descriptions, alliée à une large perspective historique, lui confère une qualité qui mérite de retenir l'attention des chercheurs.

H. Elkhadem