

Une brève histoire de la représentation du monde en occident

Jérôme PEREZ

Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées
Observatoire de Paris-Meudon
Ecole doctorale d'astronomie et d'astrophysique d'Ile de France

Issue des observations du mouvement des corps célestes par les mésopotamiens, l'astronomie occidentale, en tant que science, naît en Grèce ionienne vers le milieu du VI^{ème} siècle avant notre ère.

C'est vers -430 que Méton introduit le premier calendrier utilisable sur de longues périodes¹. Le cycle métonique ou grande année est un cycle luni-solaire² de 19 années solaires soit 235 mois lunaires soit 6940 jours. Il devient alors possible de dater les événements astronomiques, et de calculer efficacement leur périodicité. Selon la tradition, c'est ensuite Platon^[-428,-348] qui pose le problème fondamental de l'astronomie géométrique grecque " *Quels sont les mouvements circulaires uniformes et parfaitement réguliers qu'il convient de prendre pour hypothèse afin de sauver les apparences que les astres errants présentent ?*". Eudoxe de Cnide^[-406,-355] le premier sauvera les apparences avec son modèle formé de 27 sphères centrées sur la Terre. Plus tard Aristote^[-384,-322] lui substitue un modèle physique de l'univers comportant 55 sphères réelles, concentriques et mues par un moteur situé sur la sphère extérieure, le *primum mobile*.

Première véritable théorie physique le modèle d'Aristote divise le monde en deux parties :

- Le monde sublunaire est composé des quatre éléments issus de la tradition pythagoricienne (terre, eau, air, feu) dont tous les corps sont une combi-

¹Les calendriers plus anciens n'étaient pas cycliques ou bien comportaient des jours épagomènes destinés à rattraper d'éventuels retards.

²Les années sont solaires et les mois sont lunaires.

raison et qui à l'origine existaient sur des sphères séparées. Dans notre monde terrestre et corrompu ces quatre éléments se sont mélangés et ce mélange est à l'origine du mouvement des corps qui tentent constamment de rejoindre leur sphère originelle : Une pierre qui est d'essence terrestre tombe car elle retourne vers sa sphère d'origine, de même pour la fumée qui monte vers le ciel, la pluie qui tombe sur la terre puis ruisselle jusqu'à l'océan, les étoiles filantes qui ne sont autres que des flamèches piégées dans l'air qui retournent vers la sphère du feu qui est la plus extérieure ...

- Le cosmos s'oppose au monde sublunaire complexe et perturbé. C'est un monde parfait et immuable dont les constituants (Lune, Soleil, planètes et étoiles) sont chacun sur des sphères séparées, centrées sur la Terre et tournent autour de celle-ci.

Bien que fondamentalement intuitive cette vision du monde s'est imposée pendant près de deux millénaires, il faut attendre Galilée pour la voir réellement remise en cause. Outre d'évidentes nécessités religieuses, la raison de la formidable longévité de cette "théorie" se trouve vraisemblablement dans le fait qu'elle trouva un soutien théorique dans les travaux de trois grands astronomes : Appolonius de Perge, Hipparque de Nicée et Ptolémée.

Pour concilier les évidentes variations d'éclat des planètes sans pervertir leur mouvement parfait (donc circulaire), Appolonius de Perge introduit vers -230 la notion d'épicycle (Voir figure 1).

La Terre est au centre de cercles nommés déférents. Chaque planète se meut sur un cercle nommé épicycle dont le centre parcourt le déférent associé à la planète. Avec ce système, la distance Terre planète et donc l'éclat de cette dernière varie et la trajectoire circulaire parfaite est "préservée". En outre et c'est là surtout sa plus grande vertu, le système des épicycles rend assez bien compte des phénomènes de station et rétrogradation des planètes.

En comparant ses propres observations astronomiques effectuées méthodiquement de -162 à -128, avec les relevés des astronomes babyloniens, Hipparque de Nicée^[−180,−125] découvrit la précession des équinoxes³. Il estima la durée du mois sidéral lunaire à 29j 12h 45' 24" (la valeur moderne est de 29j 12h 44' 2,8"), et de l'année sidérale à 365j 6h 10' (la valeur moderne est de 365j 6h 9' 9,74"). Le recueil de ses observations constitue le premier véritable catalogue astronomique

³L'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport à l'écliptique n'est pas tout à fait constante, elle décrit un cercle dans un lent mouvement dont la période est d'environ 26000 ans.

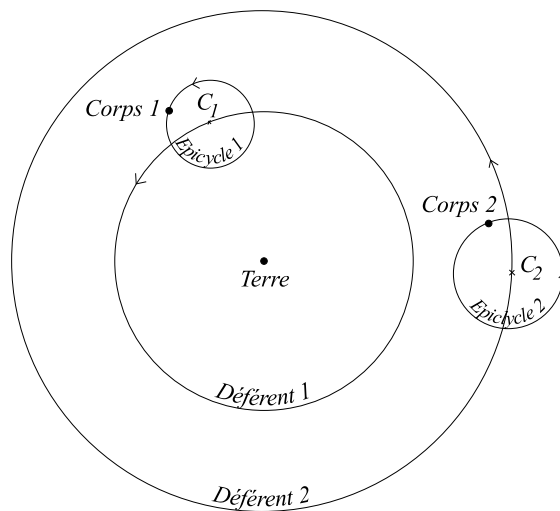


FIG. 1 – Les épicycles d’Apolonius de Perge

de référence et recense la magnitude et la position de plus de 800 étoiles.

Outre son travail personnel, le grand mérite de Claude Ptolémée d’Alexandrie^[?,+130,?] fut de rassembler l’ensemble des travaux de ces prédécesseurs antiques dans un unique ouvrage en 9 volumes résolument scientifiques : *La syntaxe mathématique*, transmise par les arabes sous le nom d’*Almageste* (la plus grande). Cette oeuvre est un véritable jalon de l’histoire des sciences, dès le premier livre toutes les hypothèses de la cosmologie au 11^{ème} siècle de notre ère sont récapitulées et étayées : Le cosmos est sphérique et tourne autour d’un axe fixe, c’est ce que montre le mouvement circulaire des étoiles circumpolaires et le fait que les autres se lèvent et se couchent aux mêmes points de l’horizon. La Terre est située au centre de l’Univers et rien ne permet d’affirmer le contraire. La Terre est sphérique mais elle est comme un point en comparaison de la sphère céleste, puisque les étoiles ont la même magnitude et gardent entre elles les mêmes distances d’où qu’on les observe sur la Terre. La Terre n’a pas de mouvement propre, ni de translation ni de rotation, car selon Ptolémée les effets de tels mouvements seraient visibles sur les corps portés par la Terre. Après le rappel les nouveautés, de nombreux perfectionnements de la théorie des épicycles sont dus à Ptolémée, le principal est sans aucun doute l’introduction de l’*équante*. Les déférents centrés sur la Terre sauvaient les apparences de la rétrogradation des planètes, mais ne parvenaient pas à expliquer la vitesse non uniforme des planètes sur leurs orbites. Ptolémée ”montra” qu’il existait un point *E*, l’*équante*, duquel on pouvait voir

chaque planète se mouvoir avec une vitesse uniforme si l'on plaçait le centre du déferent entre la Terre et ce point (Voir figure 2).

La ligne qui joint l'équant au centre de l'épicycle parcourt désormais des

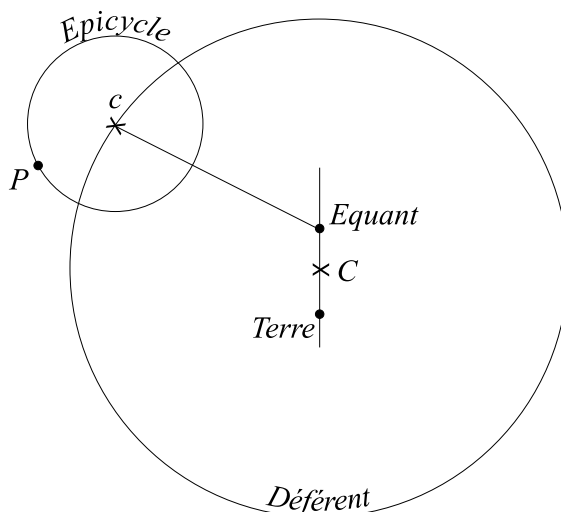


FIG. 2 – Les épicycles de Ptolémée

angles égaux en des temps égaux, cela ne vous rappelle-t-il rien ?

A la mort de Ptolémée, le système géocentrique est bien accepté. Dans l'ordre croissant d'éloignement à la Terre, sont placées la Lune, le Soleil, Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne, le tout enveloppé par la sphère des étoiles fixes. La Terre est sphérique et sa circonférence vaut 180 000 stades ⁴(soit environ 36000 km), la Lune est trois fois plus petite et située à 59 rayons terrestres ⁵(ce qui est relativement exact). On estimait la distance Terre-Soleil à seulement 19 fois la distance Terre-Lune (contre 389 en réalité), et le diamètre solaire était évalué à 11 rayons terrestres (contre 218 aujourd'hui).

Quatorze siècles séparent la publication de l'Almageste et la mort de Copernic. Cette période pourtant trois fois plus longue que celle séparant Méton de Ptolémée, quatre fois plus longue que celle nous séparant des obsèques du célèbre chanoine polonais, n'apporte pas de découvertes de première importance

⁴Expérience d'Eratosthène à Assouan au III^{ème} siècle av. J-C

⁵Expérience d'Aristarque de Samos au III^{ème} siècle av. J-C : Lors d'une éclipse de Lune, il apparaît que le diamètre de la Lune vaut le tiers de celui de la Terre, comme le diamètre angulaire de l'astre sélène est de 0.5°, on en déduit le résultat évoqué dans le texte.

en astronomie. Malgré des avancées notables en mathématiques et en instrumentation, le savoir des grecs se transmet presque inchangé.

L'histoire des sciences reconnaît généralement en Nicolas Copernic^[1473,1543], la première étincelle qui déclencha le grand mouvement scientifique de la renaissance. Outre ses origines astronomiques, basées selon son étudiant Rhéticus, sur les mouvements non uniformes des étoiles en longitude et des variations de l'année tropique, la révolution copernicienne est avant tout une quête d'harmonie et de simplicité. Dans la cosmologie géocentrique, la Terre immobile trône au milieu de l'Univers, puis vient la Lune qui parcourt son orbe en un mois, puis un groupe composé du Soleil, Mercure et Vénus qui bouclent leur tour en un jour, puis Mars en 2 ans, Jupiter en 12, Saturne en 30 et enfermant l'ensemble, une sphère de taille modeste contenant les étoiles qui font un tour tous les jours. Rajoutez à cela le mystérieux point équant et une bonne cinquantaine d'épicycles et vous voilà face à un système dont l'harmonie est pour le moins discutable.

Chez Copernic, point de rupture de Mercure qui boucle son tour solaire en 88 jours à Saturne dont la période est de 30 ans, le tout contenu dans une sphère des étoiles qui maintenant ne tourne plus (sphère des fixes) et qui s'étend à l'infini⁶. Autre harmonisation, les stations et les rétrogradations des planètes sont dans le modèle héliocentrique une simple conséquence du jeu de leurs mouvements relatifs. Enfin implication fondamentale (mais demeurée tacite à l'époque), la subdivision aristotélicienne entre le monde sublunaire corrompu et le cosmos parfait devient impensable dans la vision copernicienne de la Terre en mouvement.

Malgré toutes ces innovations, et sans doute à cause de l'imprécision des mesures dont il disposait, Copernic reste fidèle aux cercles et son modèle compte toujours nombre d'épicycles. Il s'en fallut de peu cependant que nul ne connût ses travaux, dont la synthèse *De revolutionibus orbium caelestium* fraîchement imprimée lui fut apportée sur son lit de mort.

Copernic est issu d'un milieu fortuné, après avoir perdu son père à l'âge de dix ans, il fut élevé par son oncle, un évêque qui lui fournit une solide éducation et le pouva d'un titre de chanoine à la cathédrale de Frauenburg (Pologne). Cette tâche lui laissa de nombreux loisirs qu'il occupa à des études supérieures. Ayant séjourné successivement à Cracovie, Bologne, Padoue, accumulant des connaissances en philosophie, droit, mathématiques, médecine, astronomie, grec, il devint à trente trois ans docteur en droit canon de l'Université de Ferrare. Il retourne alors chez lui en Pologne, et devint le médecin de son oncle et par

⁶Copernic reste prudent vis à vis de l'infini qui coutera la vie à Giordano Bruno 60 ans plus tard.

extension de toute la région d'Ermeland. Il dégagea malgré tout suffisamment de temps libre pour pouvoir se consacrer à un problème qui le passionnait depuis longtemps : Le mouvement des planètes. Copernic avait eu connaissance, au cours de ses études des idées proposées par Aristarque de Samos près de vingt siècles avant lui. Ce dernier philosophant sur les dimensions relatives de la Terre, de la Lune et du Soleil, proposa le système héliocentrique comme le plus naturel : " Pourquoi faire tourner la torche autour de la mouche ..." Copernic fut frappé par la simplicité de cette remarque et chercha les arguments susceptibles de l'étayer. Il avait trente six ans lorsqu'il mit en ordre ses réflexions dans un cours manuscrit, le *commentariolus*, qui ne fut jamais publié mais qui circula sous cape. Nous voici vers 1530, Copernic agé de 57 ans a repris lentement ses idées et les a rassemblées dans le *De revolutionibus* qui assurera sa postérité. Malgré l'insistance de son entourage, qui irait même jusqu'au pape Clément VII par la plume du Cardinal de Capoue, le timoré chanoine ne publie toujours pas. C'est alors qu'en 1539, arrive Rhéticus, jeune professeur de mathématiques, qui vient proposer au vieux maître sa collaboration. Très vite son fougueux disciple propose à Copernic de faire connaître au monde sa théorie de l'Univers, ce dernier n'étant toujours pas décidé, Rhéticus propose alors de publier lui-même un résumé du chef d'oeuvre sans que le nom du maître n'apparaisse autrement que sous la formule " le révérend père docteur Nicolas de Torun chanoine d'Ermeland". Dès février 1540, un texte clair⁷ et concis la *naratio prima* est imprimé, Rhéticus la diffuse et le résultat ne se fait pas attendre : C'est l'enthousiasme. Rassuré, Copernic cède enfin aux foules appâtées et publie son ouvrage, la relecture et l'impression prendront trois années et c'est mourrant que le brave chanoine reçut le premier exemplaire qu'il n'eut pas le loisir de contempler ...

Johanes Kepler^[1571,1630] est l'un des derniers hommes de science dont le but ultime était de donner une image de l'univers à la fois belle, à cause de son origine divine, et exacte. Issu d'une famille peu banale, son père était un guerrier mercenaire, sa mère et sa tante étaient plus ou moins des sorcières⁸, Kepler bénéficia du système d'éducation allemand qui distribuait des bourses d'étude aux enfants pauvres mais doués. Il reçut hors de sa famille une éducation modèle. Il obtint un poste de professeur de mathématiques à l'Université de Gratz à l'âge de 24 ans. La totalité de l'oeuvre scientifique de Kepler est marquée par une double empreinte : L'une moderne, il cherche constamment une explication

⁷presque plus clair que celui du maître ...

⁸sa tante brûla sur le bucher et sa mère ne dut son salut qu'à la notoriété grandissante de son fils ...

scientifique aux faits observationnels, l'autre ancienne en imposant à ces derniers un a priori de perfection. Son premier ouvrage, le *mysterium cosmographicum*, publié en 1596 est d'ailleurs bicéphale. Fervent copernicien, Kepler explique dans une première partie comment l'orbite des 6 planètes autour du soleil s'inscrivent et se circonscrivent dans les cinq solides réguliers découverts par Platon - Le plus étonnant est que très grossièrement Kepler à raison, mais ce n'est là qu'un pur hasard combiné avec un peu de "laxisme" dans la transcription des données de Copernic ... Son système idéal une fois décrit Kepler se lance alors dans une deuxième partie beaucoup plus moderne dans laquelle il note que la vitesse des planètes décroît lorsqu'elles s'éloignent du Soleil, et postule l'existence d'une force solaire qui pousserait les planètes sur leurs orbites et diminuerait comme la lumière à raison de l'inverse du carré de la distance, quelle intuition géniale! C'est à la lecture des mystères que Tycho Brahé^[1546,1601], l'un des plus grands astronomes de l'époque pressent le talent de Kepler et le fait venir chez lui en 1600. Le savant danois espérait que son jeune disciple l'aiderait à confirmer sa théorie opposée à celle de Copernic et dans laquelle Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne tournaient autour du Soleil qui tournait avec la lune autour de la Terre située au centre de l'Univers. Mais quelques mois plus tard, Tycho mourut et le prince impérial Rodolphe II chargea Kepler de la succession. Il gardera le poste pendant les 12 années qui suivirent et la science entière en bénéficia. En analysant scrupuleusement les données de Tycho concernant les positions relatives de Mars, et après six années de calculs acharnés Kepler publie, en 1609⁹ dans un nouvel ouvrage intitulé *Astronomia nova*, deux lois qui le rendront célèbre :

- Chaque planète décrit dans le sens direct une ellipse dont le soleil occupe l'un des foyers
- Les aires décrites par le rayon vecteur allant du centre de la planète au centre du Soleil sont proportionnelles aux temps employés pour les décrire.

La réaction du milieu scientifique se reflète dans l'opinion d'un des correspondants de Kepler nommé Fabricius "Avec votre ellipse vous abolissez la circularité et l'uniformité du mouvement, ce qui me paraît absurde,..., si seulement vous pouviez conserver l'orbe circulaire, et justifier l'ellipse par un nouveau petit épicycle cela vaudrait bien mieux...", Galilée lui-même aussi novateur fut-il, refusa les lois de son contemporain Kepler ! Le sort s'acharne alors sur lui, en 1612 il perd sa femme et sa fille, et avec la mort de Rodolphe II, son poste de mathematicus. Il obtient cependant un poste moindre à Linz, où il passera 14 années difficiles devant intervenir de nombreuses fois pour sauver sa mère du bûcher des

⁹le retard est dû à un manque d'argent pour payer l'imprimeur ...

sorcières. C'est pourtant dans ce contexte bien peu harmonieux qu'il publiera en 1618 son *harmonia mundi*, qui se veut une grande synthèse de la géométrie, de la musique, de l'astrologie, de l'astronomie et de l'épistémologie. Perdue dans ce fatras, on trouve cependant un diamant que Newton et la postérité conserveront précieusement, la troisième loi de Kepler :

- Les carrés des temps de révolution sidérale des planètes autour du soleil sont proportionnels aux cubes des grands axes de leurs orbites.

Après la révolte de la paysannerie luthérienne en 1626 qui incendia sa maison, Kepler émigra une nouvelle fois et termina sa vie à Gratz en rédigeant des horoscopes et des calendriers.

Pendant que Kepler dans sa misère construisait sa vision du monde en Autriche, son illustre contemporain Galileo Galilei^[1564,1642] faisait de même en Italie. Des relations épistolaires entre les deux hommes sont d'ailleurs recensées en quelques exemplaires, émanant principalement du germanique. Tout le comportement de l'Italien est en effet conditionné par un énorme complexe de supériorité, le menant à considérer à peu près tous les autres scientifiques comme des bêtises ignorants. Ce qui est plus grave pour lui, c'est qu'il ne se gêna pas, tout au long de sa longue carrière, de le dire et de l'écrire, s'attirant ainsi de nombreux ennemis et procès en tous genres.

Tout comme Kepler, Galilée possédait deux facettes antagonistes. Moderne il l'était indiscutablement en arguant de l'expérimentation comme une preuve, ancien il sera lorsqu'il ne prendra pas (ou pas assez) en considération les idées nouvelles de son confrère allemand. Issu de petite noblesse qui ne pourra très rapidement plus subvenir à ses études, c'est en véritable autodidacte que Galilée apprend les sciences. Il écrit un petit mémoire sur la balance hydrostatique qui parvient jusqu'à Ferdinand de Médicis duc de Toscane, qui fait nommer le jeune Galilée professeur de mathématiques à l'université de Pise, et trois ans plus tard à celle de Padoue. Il a alors 28 ans et se lance pendant une quinzaine d'année dans des travaux sur le mouvement des corps, ce sera son chef d'oeuvre théorique. Ce n'est qu'à l'approche de la cinquantaine, que Galilée se tourne vers l'Univers armé d'un nouvel instrument scientifique la lunette. La lunette est apparue au tout début du XVII^{ème} siècle, d'abord fabriquée par les opticiens hollandais pour corriger la vue, elle est considérée par la plupart comme un jouet montrant les choses floues et déformées. Galilée lui n'est pas de cet avis et entreprend dès 1608 la fabrication d'une lunette de qualité, son objectif est double : Tout d'abord sur le plan scientifique, il va pouvoir se livrer à toutes sortes d'expérience, qui représentent dans son esprit d'avant garde le principal moyen pour découvrir et vérifier les lois physiques. Sur un autre plan, Galilée ne perd pas de vue les utili-

sations non scientifiques de la lunette, notamment militaires, et espère bien en tirer de l'argent, sa famille et les ouvriers qu'il emploie pour réaliser ses expériences lui coûtent cher et son salaire de professeur de mathématiques est dix fois inférieur à celui de ses confrères de médecine. En un an de travail minutieux, polissant lui-même les diverses lentilles dont il a besoin, il fabrique deux lunettes, grossissant 6 et 9 fois sans déformer ni rendre flou l'objet observé. C'est le succès ! Quand le gouvernement de la république de Venise lui demande une démonstration, il n'hésite pas à faire grimper les sénateurs au sommet du campanile, devant leur enthousiasme le sénat vote alors à l'unanimité, la confirmation du poste de Galilée à vie et le doublement de son salaire ! Ainsi libéré de nombreuses occupations à but essentiellement lucratif, Galilée peut dans le courant de l'année 1609, fabriquer une nouvelle lunette encore plus puissante (x20) et la tourner vers le ciel ... En quelques nuits, il va découvrir plus de chose qu'il n'aurait osé l'imaginer. Dès le mois de mars 1610, il publie un petit livre en latin *Sidereus Nuncius*, le messager des étoiles qui vient par l'expérience confirmer le système héliocentrique de Copernic que Kepler avait déjà étayé de ses lois.

Les observations de Galilée sont multiples : Le relief lunaire avec une évaluation assez bonne de la hauteur des montagnes sélènes, les phases de Vénus, les taches solaires, la nature stellaire de la voie lactée, et pour couronner le tout, les satellites de Jupiter. Chacune d'entre elle est fatale pour le système d'Aristote axiomatisé par Ptolémée. On pourrait donc légitimement penser que les problèmes que va rencontrer Galilée avec les autorités religieuses proviennent directement de ces découvertes. Ce n'est en fait pas le cas, le messager des étoiles est accueilli avec enthousiasme dans toute l'Europe, de plus Galilée compte de nombreux appuis dans tous les milieux¹⁰. C'est vraisemblablement son attitude vis à vis de certains de ses confrères qui lui valut des histoires ... Nous n'entrerons pas ici dans ce débat toujours d'actualité dans le milieu de l'histoire des sciences, nous signalerons simplement que Galilée fût obligé par la sainte inquisition d'abjurer et de reconnaître que le système de Copernic n'était qu'une hypothèse mathématique sans fondement existentiel, et que la Terre ne tournait pas réellement Toutefois à la mort de Galilée en 1642, plus aucun scientifique sérieux ne doutait que les idées d'Aristarque et de Copernic avaient acquis un statut de fait avéré¹¹. Alors que Galilée se mourait à Florence en résidence surveillée, à l'autre bout de l'Europe en Angleterre naissait l'un des plus grands esprits de tous les temps,

¹⁰ Il était en effet le protégé de la famille Médicis, et son aura près de divers papes est reconnue.

¹¹ Il faudra encore attendre deux siècles pour que l'église admette que la Terre tourne autour du Soleil, très exactement en 1822.

Isaac Newton^[1642,1727].

Après de difficiles débuts dans la vie, Isaac Newton est né prématurément le 4 Janvier 1643¹² alors que son père était mort 3 mois plus tôt, son éducation fut confiée à sa grand-mère et son oncle. A l'âge de 14 ans, sa mère une deuxième fois veuve, le retire de l'école et projette de lui faire gérer son domaine. Mais le jeune homme ne manifeste aucun goût pour les affaires, aussi à 18 ans, il retourne aux études, il est admis au prestigieux Trinity college de l'université de Cambridge. Il fait la rencontre d'un excellent mathématicien de l'époque, Isaac Barrow, qui assurera sa formation et lui donnera accès au savoir, c'est ainsi qu'il compulsait plume en main, les éléments d'Euclide, la géométrie de Descartes, l'arithmétique infinitésimale de Wallis et les dialogues de Galilée. En Juin 1665, la peste fait des ravages en Europe, l'université de Cambridge ferme ses portes et renvoie chez eux étudiants et professeurs. Newton tout juste diplômé retourne donc passer un an dans le calme de sa maison natale, cette année sera l'une des plus riches en découvertes de l'histoire des sciences. C'est tout d'abord une série d'expériences sur la lumière blanche du soleil qui lui permettront de montrer la nature composée de celle-ci, puis, selon la légende c'est en voyant tomber une pomme, que Newton imagine le ressort du monde : La gravitation. La lune comme la pomme tombe vers la Terre, sans quoi elle s'en éloignerait indéfiniment en ligne droite. Si sa trajectoire est incurvée c'est qu'elle reçoit de la Terre une force qui lui communique une " vitesse en travers", la rotation de la Lune autour de la Terre est donc une chute perpétuelle. Mais les mouvements de la Terre et des planètes autour du Soleil, des satellites autour de Jupiter, de Titan que vient de découvrir Huygens autour de Saturne, doivent être de même nature que celui de la Lune autour de la Terre et finalement tout se passe comme pour cette pomme ... La gravitation devient Universelle ! Il ne reste plus qu'à trouver une loi pour cette attraction. C'est le deuxième trait de génie de Newton, en imaginant que cette attraction dépend de la distance au centre de la Terre, 6400 km pour la pomme, 380000km pour la Lune, et en calculant de combien chacune tombe en une seconde, Newton trouve sa loi : L'attraction est inversement proportionnelle au carré de la distance.

Le reste n'est plus, pour le jeune Isaac mais pas pour le commun des mortels, qu'une affaire de technique. Mettant à profit sa toute nouvelle méthode des

¹²On peut ranger ce 4 janvier 1643 dans l'année 1642, celle de la mort de Galilée, car ce n'est qu'en 1752 que l'Angleterre "rattrapa" le retard d'une dizaine de jours du calendrier julien en adoptant le calendrier grégorien, que les autres pays, dont l'Italie bien entendu, avaient adopté depuis 1582. Le 4 janvier 1643 en Angleterre est donc en fait le 25 décembre 1642 dans pratiquement tout le reste de l'Europe ...

fluxions (ancêtre du calcul différentiel et de l'analyse), il pose les fondements de la mécanique et, en résolvant les équations qu'il obtient pour le cas de deux corps, fournit une explication aux lois de Kepler qui, bien qu'en accord total (aux erreurs de mesure de l'époque près) avec les observations, restaient empiriques et furent la grande énigme scientifique du XVII^{ème} siècle.

Nous sommes en 1666, satisfait de son travail, Newton passe à autre chose mais ne parle à personne de ses travaux. Seul le travail l'intéresse, et il n'a pas de temps à perdre pour tenter de convaincre d'éventuels détracteurs qui pourraient apparaître s'il publiait ses résultats. Il a 27 ans et n'a communiqué que quelques résultats concernant de nouvelles méthodes pour calculer la longueur des arcs de courbes, mais cela est suffisant pour qu'on lui attribue un poste de professeur de mathématique à Cambridge, en remplacement d'Isaac Barrow. Il présente alors à la royal society une de ses plus fameuses inventions, le télescope. Il explique comment ayant compris la nature de la lumière, il convenait de la réfléchir plutôt que de lui faire traverser des lentilles. L'argument n'est pas juste, mais le résultat, dû à son ingéniosité, est impressionnant, avec un tout petit télescope d'une vingtaine de centimètres de long, il obtient des images "neuf fois plus grandes que celles d'une lunette quatre fois plus longue". C'est la gloire! Sous la pression de son entourage, et rassuré par son aura grandissante dans le milieu scientifique, Newton consent à communiquer ses travaux sur la nature de la lumière en 1672, dans ce qui fut l'un des premiers articles scientifiques modernes publiés dans une nouvelle revue quasiment inventée à cet effet, les Philosophical Transactions of the Royal Society of London. L'effet secondaire de cet article est de soulever des controverses notamment avec Hooke et Leibniz, et incite donc Newton à ne pas communiquer le reste de ses travaux, qu'il continue de développer en silence. Ce n'est qu'en août 1684 alors qu'il reçoit un jeune astronome du nom de Halley qui le questionne sur le mouvement des corps célestes, que Newton "lâche le morceau", et énonce, devant les yeux éblouis de celui qui passera à la postérité grâce à une comète, les lois de la mécanique et de la gravitation universelle. Halley doit retourner à Londres mais il fait promettre à Newton de lui envoyer une copie des démonstrations pour qu'il puisse les présenter après les avoir officiellement enregistrées à la royal society. Devant la fougue et l'enthousiasme de son jeune confrère, Newton acquiesce et s'attèle à la rédaction de deux volumes magistraux *Principia mathematica philosophiae naturalis*, la physique s'appelle encore à cette époque philosophie naturelle. Ce monument de l'histoire des sciences contient toute sa théorie aussi bien la gravitation que les lois de la mécanique nécessaires à sa mise en oeuvre, le tout illustré de nombreuses applications dans divers domaines : Chocs, pendules, projectiles, résistance de l'air, équilibre des liquides,

propagation des ondes et du son De balbutiante et décousue qu'elle était, la physique devient brusquement un ensemble structuré, la fillette mise au monde par Galilée est devenue femme !

Les deux premiers volumes des principia sont publiés en 1686, tout est pris en charge par Halley qui va même jusqu'à s'endetter pour permettre le bon déroulement de l'édition. L'effet est saisissant tout le monde admire mais personne ne comprend cet ouvrage austère et très mathématique. De nombreux auteurs, dont Halley le premier, s'attèlent donc à sa vulgarisation. Même si quelques controverses naissent sur la nature de cette force agissant instantanément, à distance et surtout sans support, Newton et sa théorie sortent vainqueurs de toutes les batailles, la plus célèbre étant celle contre l'école française emmenée par Descartes. Ce dernier adepte de la théorie des tourbillons qui fournissait une sorte de moteur aux corps célestes, prévoyait une élongation de la Terre aux pôles, alors que la gravitation de Newton au contraire prédisait une Terre aplatie aux pôles. La controverse, plus politique que scientifique, dura jusqu'à ce que l'on dépêche des membres de l'académie royale des sciences de Paris en Laponie (Maupertuis et Clairaut en 1736) et au Pérou (Bouguer, La condamine et Jussieu de 1735 à 1749¹³ !) pour vérifier comme l'avait prévu Newton qu'un degré de méridien est bien plus long à l'équateur (56746 toises ou 56749 toises, car l'expédition après de nombreux avatars s'est séparée et deux résultats ont été rapportés (voir [1]) qu'en laponie (57395 toises) !

Malgré tout, comme le reconnaît vers 1725 un Newton épuisé par une vie entière exclusivement consacrée aux sciences, la nouvelle mécanique céleste ne progresse que très lentement. Quoique mathématiquement bien formulé, le problème à résoudre est d'une difficulté colossale.

L'obtention d'éphémérides précises de la Lune devient le cheval de bataille de toute une lignée de mathématiciens astronomes, de 1747 au début du XIX^{ème} siècle on peut citer tour à tour l'intervention de Clairaut, Euler, d'Alembert, Laplace puis Lagrange. Les méthodes perturbatives développées par ces derniers permettent d'affiner l'adéquation entre théorie et expérience, et si en 1781 Herschel trouve Uranus un peu au hasard, Gauss montrera en 1801 qu'on aurait pu prévoir sa présence. La situation sera d'ailleurs inversée lorsqu'en 1841 Adams et de façon indépendante Leverrier en 1845, prévoient par le calcul, en analysant les perturbations de l'orbite d'Uranus, la présence de Neptune. Prédiction immédiatement vérifiée observationnellement par Galle en 1846. La petite histoire raconte tou-

¹³On pourra lire l'excellent livre de Florence Trystram [1] pour se rendre compte de la complexité de cette expérience

tefois que les deux calculs étaient faux mais que les erreurs se compensaient pour donner un résultat correct. Devant cette démonstration de la puissance des mathématiques, on essaya encore de raffiner les méthodes de la mécanique céleste. De nombreux astronomes essayèrent de comprendre la nature cachée de ces développements en série qui permettaient de si bien prévoir le comportement des planètes. En 1858, Peter Gustav Lejeune Dirichlet confia à son étudiant Léopold Kronecker qu'il avait découvert une nouvelle méthode pour résoudre les équations différentielles et qu'en l'appliquant aux équations de la mécanique céleste, il avait montré la stabilité du système solaire! En d'autres termes, il affirmait avoir montré que les séries célestes convergent. Malheureusement, Dirichlet mourut une année après sa déclaration sans laisser de trace écrite de sa découverte. L'éminent Karl Weierstrass dépensa une énergie considérable pour tenter en vain de retrouver ce trésor perdu. Bloqué, il eut l'idée de soumettre cette question à la communauté scientifique, en organisant avec Mittag-Leffler un concours dans le cadre du soixantième anniversaire du roi Oscar II de Suède et de Norvège. Une des questions de ce concours était la suivante " *Pour un système quelconque de points massifs s'attirant mutuellement selon les lois de Newton, donner en fonction du temps les coordonnées des points individuels sous la forme d'une série uniformément convergente dont les termes s'expriment par des fonctions connues*". Le jury constitué de Karl Weierstrass, Arthur Cayley, Charles Hermite et Pafnouti Tchebycheff décerna le prix à un jeune mathématicien français, Henri Poincaré, qui montra que la question posée n'avait pas de solution et donc que le problème était non intégrable... Mis à part la découverte de Pluton par Tombaugh en 1929, ce n'est que depuis quelques années qu'avec le développement conjoint des technologies spatiales et des ordinateurs, que la mécanique céleste a pu se remettre du coup fatal porté par Poincaré.

Bibliographie

- [1] F. Trystram, Le procès des étoiles, Payot, 1979
- [2] J. Charon, 25 siècles de cosmologie, Editions du rocher, 1989
- [3] J.-P. Maury, Comment la Terre devint ronde, Découvertes Gallimard, 1989
- [4] J.-P. Maury, Galilée le messager des étoiles, Découvertes Gallimard, 1986
- [5] J.-P. Maury, Newton et la mécanique céleste, Découvertes Gallimard, 1990
- [6] H. Poincaré, Leçons de mécanique céleste, Tome I à III, Gauthiers Villars, 1907
- [7] H. Poincaré, Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste, Tome I à III, Gauthiers Villars, 1892-1899
- [8] J.-P. Verdet, Une histoire de l'astronomie, Point sciences du Seuil, 1990
- [9] J.-P. Verdet, Histoire de l'astronomie ancienne et classique, Que sais-je 165, PUF, 1998