

DOSSIER : AM09

Avec l'Année Mondiale de l'Astronomie en 2009 (AMA09), nous allons célébrer Galilée et les premières observations astronomiques qu'il fit avec sa lunette. Ce sera l'occasion de découvrir un peu mieux cet homme de caractère, cet homme génial que l'on peut sans erreur qualifier de premier astronome moderne et de premier physicien moderne.

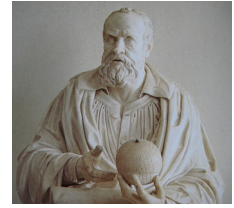


Photo Galuzzi et al.

AMA09 : HISTOIRE

Galilée, un des fondateurs de l'astronomie moderne

Marcel Weyant,

Les cinq siècles qui ont précédé le nôtre ont apporté, chacun, une impulsion majeure à l'astronomie, tantôt sur le plan théorique, tantôt au niveau pratique : au XVI^e siècle, la parution de l'œuvre de Copernic substituant le Soleil immobile à la Terre au centre du système solaire (et de l'univers !) ne reçut sa confirmation qu'au XVII^e ; le XVIII^e a vu et inventorié les étoiles de l'hémisphère Sud ; le XIX^e siècle, peu de temps après qu'un certain philosophe français eut déclaré que l'on ne pourrait jamais rien savoir sur la réalité physique des corps extraterrestres, a apporté la preuve du contraire, par l'analyse spectrale à la suite des travaux de Joseph Fraunhofer (1787-1826), et de la naissance qu'elle a permis de l'astrophysique moderne. Finalement, le premier tiers du XX^e siècle a vu naître, à la suite des travaux de Georges Lemaître (1894-1966) et surtout d'Edwin Hubble (1889-1953), la vision d'un univers en expansion qui n'a que peu de commun avec le monde de Copernic. Dans la seconde moitié du XX^e siècle enfin, les voyages spatiaux ont élargi considérablement l'horizon de l'astronomie traditionnelle.

L'astronomie du XVII^e siècle est dominée par trois grands noms : Kepler (1571-1630), Galilée (1564-1642) et Newton (1642-1727), le premier et le dernier par des apports théoriques de tout premier ordre (lois de Kepler sur la révolution des planètes autour du Soleil ; lois de la gravitation universelle) et sur le plan pratique : découvertes astronomiques d'immense portée, grâce à l'observation du ciel par les lunettes télescopiques récemment découvertes.

L'année astronomique internationale 2009 commémore les grandes découvertes de Galilée, il y a 400 ans.

Disons-le d'emblée : les deux ennemis principaux contre lesquels Galilée (et d'autres savants avec lui) eurent à se battre furent, d'abord, l'aristotélisme, ce courant de philosophie « scientifique » remontant à Aristote qui s'est maintenu auprès des instances « scientifiques » dans les universités à travers plus de 18 siècles, et qui tenait lieu de science, achevée une fois pour toutes. Un exemple typique de cette attitude est fourni par le cas de Christophe Scheiner, jésuite à Ingolstadt (Bavière) qui a découvert les taches solaires en même temps et peut-être même avant Galilée. Se référant à son supérieur pour lui faire part de la nouvelle extraordinaire, ce dernier lui annonce, quelque temps plus tard, qu'il avait relu tout Aristote et que nulle part le grand homme n'avait parlé de taches solaires. Par conséquent les phénomènes observés par Scheiner ne pouvaient correspondre à aucune réalité.

Le second ennemi qu'avaient à affronter les savants qui se fiaient à leur raison et à ce qu'ils observaient, notamment, en astronomie, se trouvait dans l'Écriture Sainte. C'était beaucoup plus dangereux de contredire celle-ci que de s'opposer à la science d'Aristote. L'Inquisition était toute puissante et le souvenir de Giordano Bruno, livré aux flammes du bûcher sur la *Piazza dei Fiori* à Rome, ne remontait qu'à l'an de grâce 1600. Pourtant les trois grands astronomes Kepler, Galilée

et Newton étaient profondément et sincèrement croyants.

Galileo Galilei naquit à Pise en 1564. Son père Vincenzo Galilei était un musicien hautement qualifié. Le jeune Galilée reçut sa première éducation d'un prêtre, puis des jésuites de Vallombrosa, abbaye distante de quelques kilomètres de Florence. Il s'y fit novice à l'insu et contre la volonté de son père qui s'empessa de le retirer de cette institution. Puis le jeune homme dut suivre, sur le conseil paternel, les cours de médecine à l'université de Pise. Il n'y prit point goût. Le hasard lui fit assister à un cours de mathématiques d'Otilio Ricci ; sa vocation était provisoirement trouvée : il serait mathématicien. Mais, en attendant, il dut passer 4 à 5 ans chez lui, sans diplôme.

Très habile de ses mains et l'esprit extraordinairement inventif, il met au point une balance hydrostatique, s'intéresse avec succès au problème du centre de gravité des solides. A 25 ans, Galilée obtient la chaire de mathématiques de l'université de Pise. C'est là qu'il établit les principales lois sur la chute des corps, les oscillations pendulaires et met au point des instruments de mesure tels que le métronome médical. Il est peu probable qu'il fit les célèbres expériences avec des poids de valeurs différentes du haut de la tour penchée de Pise qui lui ont longtemps été imputées.

Comme professeur de mathématiques, Galilée avait à enseigner aussi l'Astronomie, ce qui consistait alors en un commentaire de la Sphère de Sacrobosco, basée entièrement sur le système de Ptolémée. Il a dû lui en coûter d'être obligé de sacrifier ainsi à l'aristotélisme, alors que nous savons, par une lettre écrite à Kepler en 1597, qu'il était depuis longtemps intimement persuadé de la justesse du système de Copernic.

La mort de son père et la nécessité d'intervenir pour établir une dot de mariage à ses deux sœurs, obligea Galilée, le professeur de mathématiques de Pise, chichement rémunéré et assuré du non renouvellement de son contrat, à postuler, grâce à un personnage influent, à la chaire de mathématiques vacante à l'université de Padoue, situation plus lucrative. Cette ville était sous l'influence de la puissante cité des Doges de Venise et échappait, pour une large part, à l'influence des autorités ecclésiastiques. De 1592 à 1610, Galilée occupa la chaire de mathématiques de la prestigieuse université de Padoue.

A Padoue, Galilée ne se contenta pas d'enseigner les mathématiques théoriques. Il a soin, ce qui devait particulièrement intéresser les

responsables de la République des Doges, d'en tirer toutes les applications pratiques. C'est ainsi qu'il décrit la trajectoire d'un boulet de canon par une parabole, qu'il rédige un traité sur les fortifications. Inversement, il tire un profit maximum des tournées qu'il entreprend dans les arsenaux de la ville de Venise et il rédige un « Livre de Mécanique ». Il procède à différentes expériences sur le pendule et le plan incliné, sur l'hydrostatique, sur le magnétisme. Il se fait de nouveaux amis : le Père Paolo Scarpi et le Cardinal Roberto Bellarmine. Il est en proie à des difficultés financières permanentes et cherche à gagner de l'argent par des inventions : construction d'un thermomètre, d'un compas particulier, une sorte de calculatrice, qu'avec l'aide d'un compagnon, il confectionne en un grand nombre d'exemplaires. En octobre 1604, Galilée observe une nova et donne plusieurs cours à son sujet. C'est la première entorse à la notion d'inaltérabilité du domaine céleste, chère aux aristotéliens. L'année 1605 aura, pour la future carrière de Galilée, une particulière importance : la grande duchesse de Toscane, Christine de Lorraine, le sollicite pour enseigner les mathématiques à son fils Côme de Florence, le futur Grand Duc.

Mais, en 1609, un autre événement intervint qui devait, non seulement changer le destin de Galilée, mais marquer un tournant décisif pour toute l'astronomie : la diffusion rapide d'un instrument d'optique qui vit le jour peu de temps auparavant quelque part en Hollande.

En septembre 1608, un certain Hans Lippershey, fabricant de lunettes à Middelburg en Zeelande (Pays-Bas), cherche à obtenir un brevet pour une de ses inventions obtenue grâce à la combinaison de verres de lunettes. Les objets vus à travers cette combinaison de verres paraissent plus grands et plus rapprochés. Le brevet n'est point accordé à Lippershey et, dès le printemps de 1609, des exemplaires de l'instrument sont en vente à Paris et, en été de la même année, on les trouve en Italie. Ces lunettes (le terme de télescope ne sera introduit qu'en 1611 par le prince de Cesi, président fondateur de l'*Accademia dei Lincei*, à laquelle venait d'être élu Galilée) sont d'un très faible grossissement : 3x, 4x au maximum. Dans les 6 mois après sa première apparition, la lunette fut perfectionnée par Galilée, qui était d'une habileté manuelle exceptionnelle. Il réalise rapidement que la puissance d'un instrument pareil dépend du rapport de la distance focale des deux lentilles. Dès août 1609, Galilée qui s'était efficacement entraîné à polir des verres (les usines de Murano de Venise lui en fournirent d'excellents) obtint des lunettes

ayant un grossissement de 8 à 9. En novembre 1609, il disposait d'un instrument d'une puissance de 20 ! Afin d'obtenir une image redressée de l'objet, il opta pour une lentille concave comme oculaire. Galilée s'empessa – l'aide Scarpi lui fut précieuse, en l'occurrence – de montrer la lunette ainsi perfectionnée au Doge et à d'autres membres du sénat de Venise, qui du haut du campanile de la Place Saint-Marc, purent facilement se convaincre de l'efficacité de l'instrument permettant de reconnaître les navires de guerre et de marchandises longtemps avant de pouvoir le faire à l'œil nu. Écoutons le témoignage d'un contemporain : « *Le 21 août 1609, moi Jérôme Priuli, procureur, je me suis rendu au campanile de Saint-Marc en compagnie du sieur Galilée et des sieurs Zacharie Contarini...pour voir les merveilles et les effets singuliers de la lunette dite de Galilée. Formée d'un tube de fer, extérieurement recouvert d'un drap cramoisi, et long d'environ trois quarts de coudée, elle comprenait deux lentilles de la grandeur d'un écu à chaque extrémité, l'une plan-convexe, l'autre plan-concave. En appliquant un œil à la lunette et fermant l'autre, chacun de nous a pu voir distinctement, au-delà de Liza Fusina et de Marghera, Chioggia, Treviso et jusqu'à Conegliano ; puis le campanile et la façade de l'église Sainte-Justine de Padoue ; on discernait aussi les personnes qui entraient dans l'église Saint-Jacques de Murano ou qui en sortaient ; on voyait les gens monter en gondole ou en descendre au « traghetto » de la Colonna à l'entrée du canal des Vitriers, ainsi que beaucoup d'autres détails de la lagune et de la cité, réellement étonnants.* » Du coup, le salaire annuel du professeur de mathématiques de Padoue fut élevé de 480 à 1000 florins et son contrat avec l'université prolongé à vie.

Mais entre temps, Galilée avait tourné son instrument vers le ciel et il découvrit rapidement des nouveautés qui allaient changer toute l'astronomie. De novembre 1609 au 19 mars 1610, date de la publication de son *Sidereus Nuncius*, il :

- découvre des aspérités sur la surface de la Lune ; fournit une bonne explication de la lumière cendrée (bien qu'il ne fût pas le premier) ;
- montre et explique correctement la différence entre l'aspect des étoiles et des planètes vues à travers les lunettes ;
- découvre d'innombrables étoiles fixes dans les constellations des Pléiades et d'Orion ;
- révèle que certaines nébuleuses et la Voie Lactée peuvent être interprétées comme une

accumulation très dense d'étoiles non percevables à l'œil nu ;

- découvre, ce qu'il considère être la plus importante nouveauté révélée par les lunettes, les satellites gravitant autour de la planète Jupiter.

Ces dernières observations ont été réalisées du 7 janvier au 2 mars 1610. Moins de deux semaines plus tard, Galilée s'empessa de faire paraître le *Sidereus Nuncius* dans lequel il annonce les découvertes sensationnelles qu'il vient de faire avec le nouvel instrument.

Le *Sidereus Nuncius* n'est pas un traité d'astronomie, mais une simple prise de date des découvertes extrêmement importantes, une démonstration des capacités d'un instrument, présentées dans un langage simple. La portée philosophique de cette nouveauté marque l'aurore du nouveau monde. Ne comportant pas plus d'une soixantaine de pages rédigées dans un style alerte, accessible à tout le monde, il nous a paru bon de laisser la parole à l'auteur, dans la plupart des cas.

Galilée, après un hommage à Côme II, Grand Duc de Toscane, qui fut son élève autrefois et auquel il dédie les nouvelles « planètes » qu'il appelle médicéennes, rappelle d'abord l'histoire de la lunette qu'il a sérieusement perfectionnée et avec laquelle il lui a été possible de faire les grandes découvertes qu'il va exposer. D'un instrument grossissant 9x il est parvenu, dit-il, à en réaliser un qui grossit les objets près de 1000 fois et qui les rapproche d'environ 30 fois. Tournant l'instrument vers le ciel, il a d'abord observé la Lune.

« *En renouvelant souvent les observations, nous sommes arrivés à la conclusion certaine que nous ne voyons pas une surface lisse, uniforme et parfaitement sphérique comme la majorité des philosophes l'ont pensé de celle-ci et des autres corps célestes, mais qu'au contraire elle est inégale, rugueuse et parsemée de creux et de boursouflures. Elle ressemble à la face de la Terre qui est marquée çà et là de chaînes de montagnes et de creux valloneux.....Le 4^{ème} ou le 5^{ème} jour après la conjonction [avec le Soleil, c-à-d. après la Nouvelle Lune], quand la Lune nous montre de brillantes cornes, la limite entre la partie éclairée et la partie sombre ne forme pas un ligne ovale uniforme comme ce serait le cas d'un solide parfaitement sphérique, mais est marquée par une ligne inégale, rugueuse et très sinueuse, comme le montre la figure.* » De plus, les accidents de la face lunaire semblent plus importants que ceux que l'on voit sur le globe terrestre. Ces inégalités sont surtout apparentes lors du premier et du dernier quartier. En période de Pleine Lune, le relief semble

plus atténué. La « lumière cendrée » (que Galilée ne fut pas le premier à expliquer correctement) est un argument en faveur de la similitude entre Terre et Lune. Le relief de la Lune, constaté ici de façon très nette, est un sérieux argument contre les aristotéliens pour lesquels le monde terrestre (le monde infra lunaire) et le monde céleste (le domaine supra lunaire) sont radicalement différents, le premier étant corruptible et formé des quatre éléments imparfaits, terre, eau, air et feu ; le deuxième, inaltérable, étant constitué d'un cinquième élément (la quinte essence), parfait.

La seconde observation que Galilée peut faire avec son instrument concerne les étoiles et les planètes. Il constate d'abord que les premières apparaissent toujours comme des points lumineux, à cause de leur très grande distance, tandis que les seconds semblent délimités par de petits cercles. « Les planètes se montrent comme des globes parfaitement circulaires à la manière de petites lunes. » Les étoiles sont infiniment plus nombreuses que ce que l'on peut voir à l'œil nu. « Pour que vous puissiez avoir une vision de leur invraisemblable multitude et juger de leur nombre d'après ces représentations, j'ai décidé de reproduire deux groupes d'étoiles. Dans le premier, j'avais l'intention de dessiner toute la constellation d'Orion, mais j'ai été submergé par l'énorme multitude de ces étoiles, et, de plus, le temps me manquait. J'ai donc remis cela à une autre occasion. Car il y a plus de 500 étoiles entourant celles qui sont connues depuis longtemps, réparties en l'espace de 1 à 2 degrés. Ainsi, autour des trois qui forment le baudrier et des six qui longent l'épée, observées ensemble depuis longtemps, j'en ai ajouté 80 qui furent repérées il y a peu de temps. J'ai noté le mieux possible leurs distances respectives. Pour que l'on puisse faire la distinction, j'ai dessiné les étoiles connues depuis longtemps par des contours doubles, les plus petites et imperceptibles [à l'oeil nu] par des contours simples. Dans le second exemple, j'ai représenté les 6 étoiles du Taureau appelées Pléiades... Il y a autour d'elles plus de 40 étoiles invisibles [à l'oeil nu] dans un espace d'à peine un demi degré. Je n'en ai dessiné que 36, en respectant leurs distances respectives, avec les mêmes conventions que pour les étoiles d'Orion, pour reconnaître ce qui est nouveau et ancien. »

Quant à la Voie lactée, et ce que tous les astronomes ont appelé jusqu'ici des nébuleuses, Galilée montre qu'il suffit de braquer la lunette dans leur direction pour s'apercevoir qu'il s'agit, en réalité, d'une quantité d'étoiles innombrable, groupées en amas. « À l'aide de la lunette, on les

distingue si bien que toutes les discussions qui, pendant tant de générations ont irrité les philosophes, tombent d'un seul coup par l'évidence visible et nous dispensent de recourir à des arguments prolixes. Car la Galaxie n'est pas autre chose qu'une accumulation d'innombrables étoiles réparties en amas. Dans quelque région que vous tourniez votre lunette, vous verrez aussitôt un nombre immense qui s'offre à la vue... » Galilée dessine deux exemples dans la tête d'Orion (21 étoiles) et dans celle de la Crèche qui montre plus de 40 étoiles, dont il représente 36.

« Il nous reste à révéler et à faire connaître ce qui semble être de la plus haute importance, à savoir quatre planètes [satellites] jamais vues depuis le commencement du monde et jusqu'à ce jour, l'occasion de leur découverte et de leur observation, leurs positions et leur suivi effectués durant les deux derniers mois et plus en notant leur comportement et leurs changements. Et j'en appelle à tous les astronomes de se consacrer à les chercher et à calculer leur période que, vu le court espace de temps disponible, nous n'avons pu effectuer jusqu'ici. Nous leur rappelons toutefois, une fois de plus, qu'ils auront besoin de lunettes appropriées telles que celles que nous avons décrites au début de ce travail, sinon ils entreprendront de telles investigations en pure perte. » Galilée croit d'abord qu'il s'agit d'étoiles non aperçues jusque là, puis il fait une constatation très importante qui le met aussitôt sur la voie : ces corps près de Jupiter tantôt le précédant, tantôt le suivant, sont toujours alignés et parallèles à l'écliptique. Il remarque aussi qu'ils sont au nombre de quatre et de taille inégale. Puis il procède à des observations suivies du 1^{er} janvier au 2 mars 1610 qu'il relate en détail sur quelque 20 pages du *Sidereus Nuncius*. Nous en reproduisons seulement quelques unes de janvier.

Telle est, en substance, la teneur du *Messenger des Etoiles*. Encore une fois, il ne s'agit nullement d'un traité, mais d'une simple prise de date. Cependant ce fut mieux qu'un traité, puisque pour l'astronome ce fut une véritable révolution qui allait à l'encontre de toutes les idées reçues, acceptées une fois pour toutes par tous les tenants d'Aristote : le monde céleste ne présente aucune différence par rapport au monde terrestre, les satellites autour de Jupiter montrant que dans le système solaire la Terre n'est pas la seule à voir graviter autour d'elle des corps semblables à la Lune et des étoiles insoupçonnées sont présentes en grand nombre. Le *Messenger Stellaire* marque le début de l'astronomie moderne.

L'accueil du *Messenger Stellaire* fut immédiat et enthousiaste à travers toute l'Europe. Cependant un manque de lunettes de bonne qualité rendait les vérifications difficiles et la méfiance des Aristotéliens se fit jour très tôt à l'égard des instruments, sources d'erreurs possibles. Certains refusèrent carrément de jeter un regard à travers des instruments qui ne leur inspiraient pas confiance. D'autres prenaient même pour des artifices ce qu'ils voyaient.

1611 fut pour Galilée encore une bonne année puisqu'elle lui permit de constater de la forme bizarre de Saturne vu à travers les lunettes. Pour prendre date de cette observation, il se contente, pour l'instant, de l'annoncer par l'anagramme suivant :

SMAISMRMMIMEPOETALEUMIUNENUGTTA
VIRAS

et d'en rendre, un peu plus tard, le sens exact, en employant les mêmes lettres :

ALTISSIMAM PLANETAM TERGEMINUM
OBSERVAVI.

C'est-à-dire que la planète la plus élevée [Saturne], telle que je l'ai observée, se présente sous la forme trigéminée. La découverte des anneaux de Saturne responsables de cette configuration ne sera effectuée qu'en 1656 par Christian Huygens.

Galilée constate, d'autre part, que la planète Vénus passe par un cycle complet de phases ; mais comme Galilée n'était pas encore tout à fait sûr de la réalité des phases de Vénus et comme il tenait beaucoup à la priorité des découvertes, il eut encore recours à un anagramme que personne évidemment n'arrivait à déchiffrer :

HAEC IMMATURA A ME IAM FRUSTRA
LEGUNTUR OY (11 décembre 1610).

Lorsque la chose lui parut hors de doute possible, il révéla qu'il se lisait de la façon suivante (1^{er} janvier 1611) :

CYNTHIAE FIGURAS AEMULATUR MATER
AMORUM.

C'est-à-dire, « Les formes de la mère des amours rivalisent avec celles de Diane. » Autrement dit : Vénus présente les mêmes phases que la Lune.

En avril 1611, Galilée remarque les taches sur la surface du Soleil. C'est encore un argument contre les Aristotéliens sur l'idée de perfection et d'incorruptibilité du monde céleste. Cette découverte donne du reste lieu à une première polémique avec le jésuite Christophe Scheiner d'Ingolstadt, qui sera, pour Galilée, la première attaque virulente d'une série. En attendant, l'année 1611 sera encore très bonne puisqu'elle verra, à Rome, le triomphe de Galilée et même la confirmation et les félicitations de la part des jésuites astronomes du *Collegium Romanum*, tel que le célèbre Père Clavius.

C'est à partir de 1616 que les choses commencent à se gâter, Galilée prétendant que toutes ses découvertes confirmaient le système de Copernic. Les jésuites, d'accord avec Galilée sur l'incompatibilité de ses découvertes avec le système de Ptolémée, avaient cependant opté pour le système de Tycho Brahe, qui rendait parfaitement compte des nouvelles découvertes tout en laissant la Terre immobile et le Soleil mobile, autour duquel tournaient toutes les planètes, gravitant autour de notre Terre comme le centre de l'univers. La véracité du système de Copernic, auquel adhérait également un esprit aussi averti que Kepler, ne fut prouvée qu'en 1838 grâce à la découverte, par Bessel, de la première étoile (61 cygni) qui présentait, au cours d'une révolution de la Terre autour du soleil, une parallaxe.

On cherche désormais à attirer Galilée sur le terrain très dangereux de l'Écriture Sainte. ■

Cette belle évocation de Galilée a été rédigée par Marcel Weyant (photo ci-contre). Il a relu ce texte pour la dernière fois avec l'aide de sa fille Anne, le samedi 5 juillet 2008. Il est décédé le 7 juillet 2008. Ce texte nous a été communiqué par René Cavaroz, membre de l'Asnora et Délégué Régional du CLEA.



La rédaction s'associe à la douleur de la famille de Marcel Weyant.