

<b>Zeitschrift:</b>	Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Astronomische Gesellschaft
<b>Band:</b>	57 (1999)
<b>Heft:</b>	293
<b>Artikel:</b>	De la sonde Galileo, de Galilée, et de la réalité du monde
<b>Autor:</b>	Cramer, Noël
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-898255">https://doi.org/10.5169/seals-898255</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# De la sonde Galileo, de Galilée, et de la réalité du Monde

NOËL CRAMER

La sonde américaine Galileo, nommée en mémoire du grand physicien Toscan, a été lancée par la navette Atlantis en octobre 1989. Elle était munie d'un propulseur principal à combustible solide non optimal, mais choisi ainsi pour des raisons de sécurité. Il eut été, en effet, difficilement acceptable d'embarquer un moteur alimenté par de l'hydrogène et oxygène liquides, comme initialement prévu, si tôt après la catastrophe de la navette Challenger en janvier 1986. La mission redéfinie compensa cette réduction de la puissance propulsive en faisant usage de l'effet de fronde gravitationnelle, en passant une fois au voisinage de Vénus, et deux fois de la Terre. Au cours de son long voyage qui dura ensuite jusqu'à décembre 1995, Galileo rencontra et photographia pour la première fois les astéroïdes *Gaspra*, et *Ida* avec sa lune *Dactyl*. Comme si cela avait été programmé par le destin, la comète Shoemaker-Levy 9 percuta Jupiter durant la dernière phase de l'approche de Galileo, et lui permit de réaliser des observations du phénomène sous un angle très différent de celui vu de la Terre. Six mois avant son arrivée, Galileo largua une sonde auxiliaire qui pénétra dans l'atmosphère de Jupiter et relaya des informations sur son atmosphère.

La poursuite de sa mission dans le voisinage Jovien et de ses satellites s'est révélée très fructueuse, malgré le non déploiement de son antenne principale à haut gain. Cette antenne, qui devait s'ouvrir comme un parapluie constitué d'un treillis métallique, vit s'enchevêtrer quelques-unes de ses «baleines» et demeura inutilisable. L'antenne avait été récupérée du stock de réserve d'une ancienne mission, et cette fausse économie a dû générer des hectolitres de mauvais sang parmi les responsables de la NASA. La mission fut néanmoins largement sauvée par la virtuosité des ingénieurs qui parvinrent à optimiser l'utilisation de la petite antenne de communications, dont la capacité de transmission est quelques milliers de fois moins élevée. C'est ainsi que la circulation atmosphérique et le champ magnétique de Jupiter ont pu être étudiés en détail, et que ses quatre plus grands satellites se sont révélés être de véritables petites planètes, chacune de nature très différente des autres. La mission arrive maintenant à son terme en raison

de défaillances progressives du matériel, et les contrôleurs envisagent des missions qui étaient jugées trop risquées dans les phases initiales, telles que des passages à basse altitude sur *Io* et situées dans l'intense champ de radiations du proche voisinage Jovien. Un outil issu de l'usage exclusif de la technologie contemporaine nous permet ainsi de gagner des informations qu'aucune observation terrestre n'aurait permis d'acquérir.

Les quatre lunes principales de Jupiter sont perceptibles avec une bonne paire de jumelles. On peut même les photographier assez facilement dans le ciel crépusculaire clair (pour éviter une surexposition de Jupiter) avec un appareil muni d'un bon objectif de 80mm déjà, par exemple, et un film à haute résolution. Selon la disposition des lunes, on verra alors à la loupe Jupiter ornée d'une à deux «oreilles» (faites l'essai...). C'est d'ailleurs grâce à la facilité avec laquelle on les observe qu'elles furent les toutes premières lunes découvertes dans le système solaire, à part la nôtre. Nommées *Io*, *Europa*, *Ganimède* et *Callisto*, par ordre d'éloignement de Jupiter, les «lunes Galiléennes» furent décrites, selon la tradition historique, pour la première fois par le grand astronome et physicien Italien GALILEO GALILEI (connu dans l'espace francophone sous le nom de «GALILÉE») en 1610. A part *Europa*, elles sont toutes plus grandes que notre Lune.

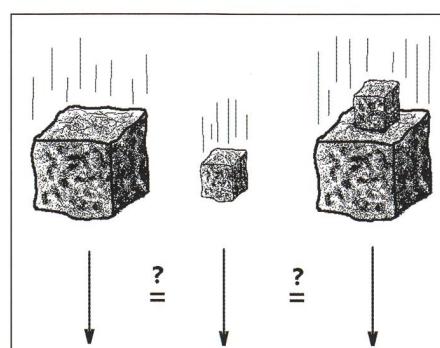
GALILÉE (1564-1642) naquit à Pise. D'abord attiré par l'étude de la médecine, il s'intéressa par la suite aux mathématiques et à la physique. Nommé professeur de mathématiques à Pise en 1589, il gagna ensuite Padoue en 1592, puis s'établit finalement à Florence. Il abandonna très tôt la conception médiévale et scolastique de la nature qui prévalait en son temps, et adopta une approche pragmatique basée sur l'expérimentation. Par exemple, on rapporte qu'un jour, dans sa jeunesse, où il assistait à un débat académique qui traitait du nombre de dents qui devaient figurer dans la mâchoire d'un cheval, il proposa d'aller trouver un cheval et de les compter. Cette suggestion lui valut l'exclusion de l'assemblée... Parmi ses nombreux travaux en physique, il se préoccupa du problème de la chute des corps. Il faisait usage d'un raisonnement sim-

ple, que l'on peut qualifier de «galiléen», pour persuader ses interlocuteurs que tout corps devait subir la même accélération en tombant: Admettons qu'un corps léger tombe moins vite qu'un corps lourd. Si l'on attache le corps léger sur le corps lourd, l'ensemble devenu plus lourd devrait tomber plus vite. Mais le corps léger, tombant par nature moins vite, devrait retarder la chute du corps lourd, et l'ensemble devrait en vérité tomber plus lentement! La contradiction est écartée seulement si les deux corps tombent à la même vitesse. Cette logique ne suffisait pourtant pas à GALILÉE, et il conduisit entre autres les expériences que la tradition lui octroie du sommet de la tour de Pise, qui penchait déjà suffisamment pour assurer une ligne de chute bien dégagée, afin de donner à la nature le dernier mot. Pour sa méthode qui consistait à systématiquement confronter la théorie à l'expérimentation, il peut avec raison être considéré comme le premier véritable physicien de l'époque moderne.

C'est ainsi qu'en 1609 il construisit sa première lunette selon des prescriptions qui lui étaient parvenues de lunetiers néerlandais. Mais, au lieu de l'appliquer en premier lieu à des fins militaires, comme commençaient à le faire les marins, ou à l'observation furtive des dames lors de leur promenade vespérale, comme le faisaient les gentilshommes de son entourage, il la dirigea vers le ciel. Fin 1609, il découvrit les cirques et montagnes lunaires dont les ombres mouvantes en fonction de la phase montraient que la Lune était un monde en soi, et non un miroir parfait qui réfléchissait l'image maculée de la Terre. En 1610, il décrivit les 4 principales lunes de Jupiter, les myriades d'étoiles qui constituent la voie lactée, les taches solaires et, plus tard, les phases de Vénus.

Toutes ces observations étaient bien troublantes pour les milieux académiques et ecclésiastiques satisfaits par la vision géocentrique de l'univers, et ac-

Fig. 1: La chute des pierres



quis au caractère immaculé et immuable des corps célestes. Un Soleil à la face tachée et qui de surcroît semblait tourner sur lui-même..., une Lune couverte de montagnes et de cratères..., et, surtout, Jupiter entourée de lunes qui préféraient graviter autour d'elle plutôt que de la Terre, et Vénus qui modulait ses phases exactement selon un parcours centré sur le Soleil; tout ceci semait décidément beaucoup de désordre dans la cosmologie Ptoléméenne de l'époque. L'église catholique romaine, qui avait fort à faire pour maintenir son autorité face à la Réforme protestante, était particulièrement affectée. Les observations astronomiques que fit GALILÉE l'amènèrent finalement à publier, en 1632, son *Dialogue sur les deux grands systèmes du Monde* où il argumenta de manière très convaincante en faveur du modèle héliocentrique énoncé discrètement, en 1543, en un court passage de l'ouvrage *De revolutionibus orbium coelestium* de NICOLAS COPERNIC. Son discours, d'une grande clarté et dépourvu d'ambiguïté, n'était pas rédigé en latin comme était alors l'usage dans les milieux académiques, mais en italien. Il devenait ainsi accessible à tout le monde, et c'est principalement ce fait qui provoqua l'ire de l'église catholique, qui mit finalement GALILÉE à l'index. Jugé par l'inquisition et menacé de torture il fut forcé de sauver sa vie en abjurant et vécut ses dernières années en résidence surveillée.

Comme nous le savons tous aujourd'hui, GALILÉE avait parfaitement raison. Le Soleil est bien l'astre central de notre système planétaire, et les étoiles sont très lointaines et forment un immense système stellaire dont nous ne sommes qu'un modeste élément, bien éloigné du centre de notre Galaxie que nous percevons la nuit sous la forme de la Voie Lactée. GALILÉE, quant à lui, malgré un geste papal fait il y a quelques années, n'a toujours pas été réhabilité selon toutes les formes.

Le récit de la mésaventure de GALILÉE nous porte ici à faire deux réflexions.

La première est relative à la manière dont nous est transmise l'histoire des grandes découvertes. La réalité est la plupart du temps bien plus nuancée, et à part de très rares exceptions les progrès fondamentaux ne sont pas l'œuvre d'un seul homme. Attacher le nom d'une personne à tel ou tel grand progrès de notre savoir facilite, évidemment, l'écriture de l'histoire. L'examen du contexte global est toujours beaucoup plus difficile. Ainsi, les noms que nous utilisons aujourd'hui pour désigner les lunes «GALILÉENNES» ne sont pas dus à GALILÉE, comme on le lit souvent, mais à son contemporain SIMON MARIUS qui les a obser-

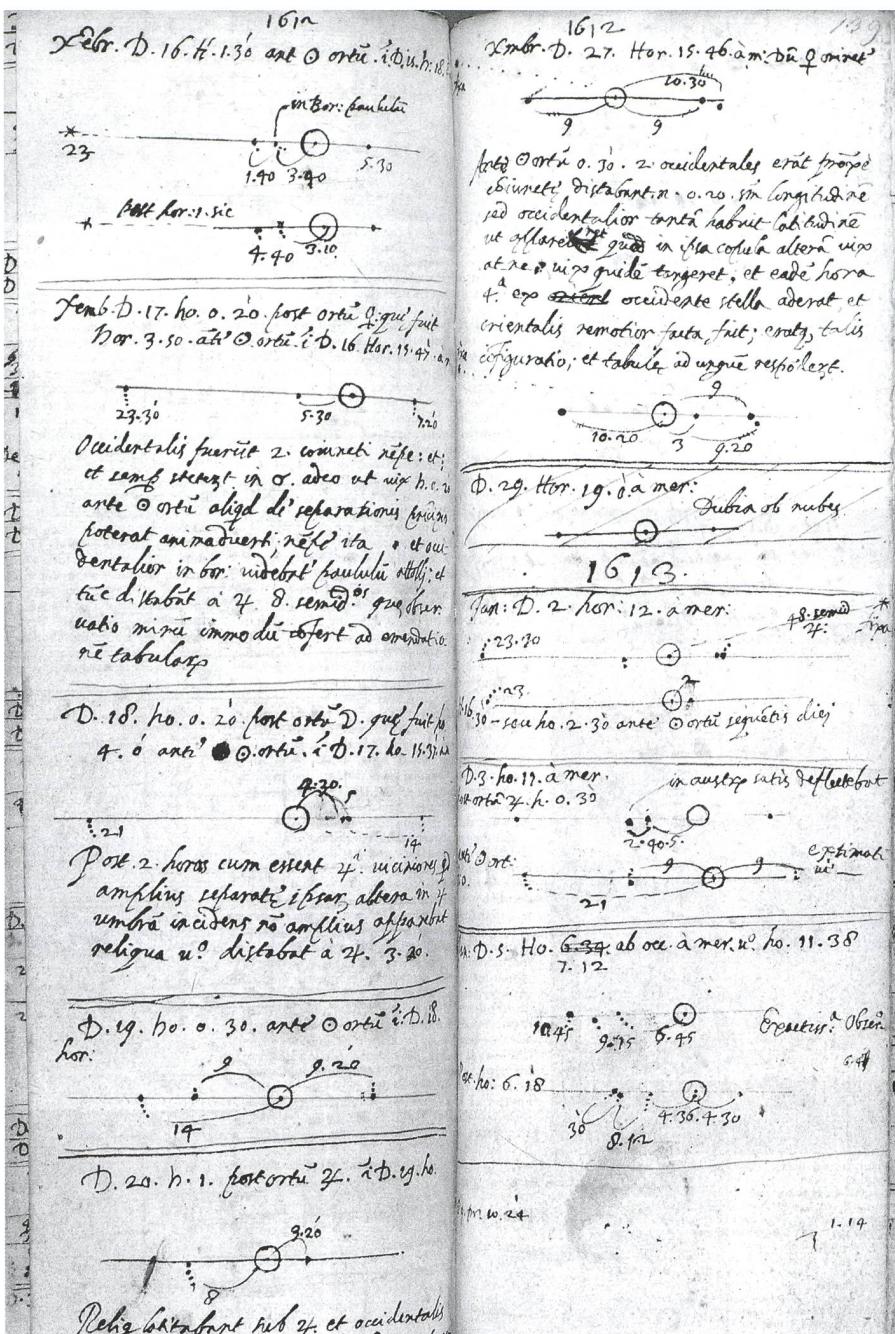


Fig. 2: Observations des satellites de Jupiter faites par Galilée en décembre 1612 et janvier 1613. Les lunes sont identifiées par le nombre de points: Callisto (3), Ganymède (2), Europa (1) et Io (0) (de The Cambridge Atlas of Astronomy, third edition).

vées à la même époque. Il les a peut-être même découvertes en premier; mais disposant de moins d'autorité, il fut moins écouté. GALILÉE voulait les appeler «planètes des Médicis» en l'honneur de la famille qui le «sponsorisait». De même, COPERNIC n'est pas le premier à avoir émis l'hypothèse héliocentrique. D'autres y avaient pensé plus tôt, notamment le Grec ARISTARQUE DE SAMOS qui vécut au début du III<sup>e</sup> siècle avant notre ère. Il fut véritablement le premier à enseigner une cosmologie héliocentrique. Mais c'était avant tout un mathématicien et géomètre, et l'élégance du concept lui importait plus que la réalité physique.

En outre, il chercha à évaluer les distances Terre-Lune et Terre-Soleil ainsi que les dimensions respectives de ces trois corps célestes en appliquant des raisonnements géométriques reposant sur l'héliocentrisme et obtint, compte tenu des moyens dont il disposait, une bonne estimation des ordres de grandeur. Il argumenta aussi que si les étoiles paraissent fixes, c'est qu'elles doivent être beaucoup plus éloignées. Ce n'est que vers l'an 150 que les publications prestigieuses de PTOLÉMÉE d'Alexandrie prévalurent, avec leur vision géocentrique du Monde, et que GALILÉE invalida 15 siècles plus tard.

La seconde réflexion résulte en quelque sorte de la première. Toute vision théorique, aussi séduisante soit-elle, ne vaut rien si elle n'est pas vérifiée par une interrogation de la nature. C'est à travers cette approche que GALILÉE rompit avec le dogmatisme scolaire de son temps. Mais l'efficacité de l'observation de la nature dépend de manière critique des moyens technologiques disponibles. C'est grâce à ses lunettes, dont la plus puissante ne grossissait que 30 fois, que GALILÉE put récolter les informations qui l'ont convaincu de la véracité de la théorie héliocentrique. Il n'a cessé d'en être ainsi jusqu'à aujourd'hui, et les progrès de la science reposent de manière croissante sur les épaules, moins illuminées par les feux de la rampe que celles des chercheurs académiques, des «facteurs d'outils» que sont les ingénieurs et techniciens. La plupart des astronomes contemporains ont été, par exemple, inti-

mement convaincus que beaucoup d'étoiles qui nous entourent possèdent des planètes. Au vu de la manière dont nous comprenons la formation des étoiles à partir de la matière interstellaire, leur absence systématique eut été effectivement plus difficile à expliquer que leur présence en grand nombre. Mais il a fallu attendre que soient développés des spectrographes capables de mesurer des variations de vitesse de quelques mètres par seconde le long de la ligne de vue, pour qu'une simple application de l'effet Doppler mette enfin ces autres Mondes en évidence. Tel a été le cas pour la plupart des découvertes récentes, dans tous les domaines. Ces deux ultimes années du siècle verront la mise en service de plusieurs puissants télescopes munis d'instruments hautement performants. De nouvelles techniques basées sur l'interférométrie, appliquées depuis le sol ou de l'espace, permettront

peut-être de voir des planètes de type terrestre autour d'étoiles proches. Le prochain millénaire débutera sans doute avec des découvertes fondamentales en astronomie qui permettront de trancher parmi la multitude de scénarios élaborés par les théoriciens. Peut-être trouverons-nous même, comme le pensent beaucoup d'astrophysiciens aujourd'hui, des indices en faveur de l'existence d'une forme de vie ailleurs que sur Terre? Cette hypothèse est certainement plus ancienne encore qu'ARISTARQUE DE SAMOS. Certains ont même péri pour l'avoir défendue. Nos temps sont plus ouverts aux vues de l'esprit mais, comme toute conjecture, celle-ci doit impérativement être validée par l'observation pour être admise dans la réalité du Monde.

NOËL CRAMER

Observatoire de Genève  
CH-1290 Sauverny/GE

## Eine Leiter zu den Sternen oder die 90-jährige Suche nach der Grösse des Universums

HUGO JOST-HEDIGER

ALBERT EINSTEIN wies es zurück, EDWIN HUBBLE umschloss es und seither haben viele Astronomen darüber debattiert. Nun hat ein Team von Astronomen mit Hilfe des nach EDWIN HUBBLE benannten Space Teleskop HST den Wert für die Expansionsrate des Universums, die sogenannte Hubble-Konstante, verbessert. Dieser Wert ist der Schlüssel zur Beantwortung von anderen fundamentalen Fragen der Astronomie. Das festnageln der Hubble-Konstante erlaubt es den Astronomen, die Grösse und zeitliche Existenz des Universums zu bestimmen. Nachfolgend eine kurze Zusammenfassung der Geschichte um die Hubble-Konstante.

### 1908

Die Astronomin HENRIETTA S. LEAVITT macht den ersten entscheidenden Schritt zur Bestimmung der Distanz nahegelegener «Spiral-Nebel». Beim Studium variabler Sterne in den Magellanschen Wolken entdeckte sie rhythmisch pulsierende Sterne. Die heute als Cepheiden bekannten Variablen ändern die Helligkeit im Rhythmus von einigen Tagen. Durch Beobachtung der Helligkeitsänderung der Cepheiden und ihrer Pulsationsrate können die Astronomen berechnen, wieviel Licht emittiert wird. Daraus lässt sich dann die Distanz abschätzen.

### 1912

VESTO M. SLIPER vom Lowell-Observatorium studiert die Bewegungen von ca. 50 «Spiralnebeln». Er bemerkt, dass die meisten von Ihnen sich mit sehr hoher Geschwindigkeit von uns weg bewegen.

### 1916-1927

ALBERT EINSTEIN wendet seine frisch publizierte «Generelle Theorie der Relativität» auf das Universum an. In EINSTEINS Universum bleibt das Universum statisch, ohne jede Expansion oder Kontraktion. WILLEM DE SITTER entgegnet 1917 mit einem Modell eines expandierenden Universums, welches mit EINSTEINS Theorie in Übereinstimmung steht. In DE SITTERS Universum befindet sich allerdings keine Materie. ALEKSANDR FRIEDMANN und GEORGES LEMAITRE verbindet die theoretisch unbefriedigende Lösung von DE SITTER. Sie stellen ihr eigenes Modell für ein expandierendes Universum vor.

### 1923

EDWIN HUBBLE am Mount Wilson-Observatorium in Kalifornien bestimmt 12 Cepheiden in den Spiralnebeln M31 und M33. Aus der Bestimmung der Distanzen schliesst er, dass es sich bei M31 und M33 um individuelle Galaxien handelt, welche sich weit ausserhalb unserer eigenen Galaxie befinden.

### 1929

HUBBLE liefert die durch Beobachtungen erhärtete Tatsache, dass das Universum expandiert. Durch das Studium von 18 Spiralgalaxien entdeckt HUBBLE einen Zusammenhang zwischen der Bewegung der Galaxien in Relation zur Distanz der Galaxien. Er bemerkt, dass sich die Galaxien umso schneller von uns weg bewegen, je entfernter sie von uns sind. So bewegt sich zum Beispiel eine Galaxie, die 10 mal weiter entfernt ist als eine andere, 10 mal schneller von uns weg. HUBBLE nennt diesen Zusammenhang das «Geschwindigkeits-Distanz-Verhältnis». Heute sprechen die Astronomen vom Hubble-Gesetz. Das Verhältnis Geschwindigkeit zu Distanz wird als sogenannte «Hubble-Konstante» bezeichnet.

### 1931

HUBBLE und MILTON L. HUMASON bestimmen die Helligkeit von Cepheiden in der Lokalen Galaxiengruppe sowie andere Sterne in M81, M101 und NGC2403. Sie berechnen die Hubble-Konstante zu 558 Kilometer pro Sekunde pro Megaparsec. Mit anderen Worten: Galaxien scheinen sich, je weiter wir in den Raum schauen, mit einer Geschwindigkeit von 585 000 km pro 3.26 Millionen Lichtjahre von uns zu entfernen.

### 1954

Die Hubble-Konstante schwankt zwischen 558 und 280, als WALTER BAADE zeigt, dass HUBBLE unwissentlich zwei verschiedene Populationen von Cepheiden mit unterschiedlichen Verhältnissen zwischen Pulsationsrate und Hellig-