

Copernic avait montré que l'on pouvait remettre en cause les théories du passé ; les scientifiques sont maintenant assez matures pour construire des sciences modernes. Place aux Galilée, Kepler et Newton ! La physique des deux prochains siècles sera expérimentale, quantitative et mathématique.

XVII^e siècle. La « Nature » se plie aux lois de la physique

Sur le modèle de la loi de la gravitation universelle qui embrasse un grand nombre de phénomènes, les physiciens cherchent des lois mathématiques simples permettant de comprendre et de prévoir le comportement des systèmes physiques.

XVIII^e siècle. De la physique spectacle à la modélisation

Les grandes expériences publiques, les démonstrations de physique, les ouvrages de vulgarisation rendent populaires les progrès scientifiques. De nouveaux domaines, comme l'électricité, la mécanique des fluides ou encore la chaleur, sont explorés. Des théories de plus en plus complexes sont proposées, physique et mathématiques grandissent de concert.

Le Moyen Âge
et la Renaissance

Les XVII^e
et XVIII^e siècles

Le XIX^e siècle

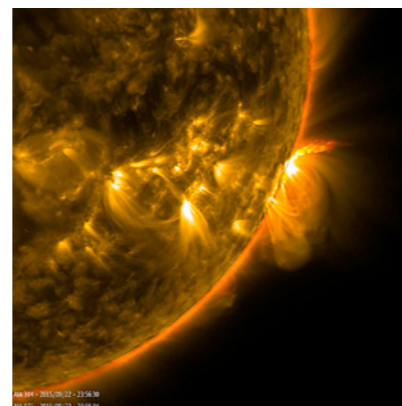
De la physique qualitative à la physique quantitative

Le magnétisme en Europe

1600. William Gilbert réalise une expérience déterminante sur le magnétisme devant la cour de la reine Élisabeth I^{re} dont il est le médecin. Afin de satisfaire la curiosité de son public, Gilbert expose une « terrella », un aimant sphérique taillé dans un bloc de magnétite*, et explique qu'elle modélise la Terre. Il en approche une aiguille aimantée... qui oscille puis s'immobilise le long d'un méridien de la sphère. En la déplaçant à la surface de la terrella, l'aiguille se comporte exactement comme celle d'une boussole déplacée à la surface de la Terre. C'est la preuve que la Terre est un gigantesque aimant. En ce jour, ses idées triomphent enfin face aux avis de ses collègues persuadés que le pôle Nord céleste attirait l'aiguille d'une boussole.

Près de vingt ans auparavant, Gilbert avait commencé par reproduire les expériences de Pierre de Maricourt, l'expert européen en magnétisme. Puis, il avait mené minutieusement ses propres expériences sur le magnétisme : un morceau de fer touchant un aimant se comporte lui-même comme un aimant ; un morceau de fer chauffé au rouge perd ses propriétés magnétiques. Le problème de l'angle de déclinaison, c'est-à-dire de l'angle entre la direction d'une aiguille aimantée et celle du nord géographique, le préoccupe. Gilbert conçoit alors une démarche scientifique moderne : il entaille les surfaces de la terrella et montre alors que la direction de l'aiguille varie ; il en conclut que la déclinaison est due à la non sphéricité parfaite de la Terre – affirmation aujourd'hui réfutée car les mécanismes internes de la Terre sont mieux compris.

En 1600, son traité, *De Magnete*, est publié et connaît rapidement un franc succès. Dans cet ouvrage de physique expérimentale, Gilbert ne s'est pas contenté de discuter des phénomènes magnétiques, mais il les a différenciés des phénomènes électriques qu'il avait également étudiés avec le même soin. De nombreux savants comme Gray ou Dufay compléteront ses travaux sur l'électricité au cours du XVIII^e siècle.



Jets de plasma à la surface du Soleil, dus au champ magnétique.

À LIRE AUSSI

- ▶ L'expérience d'Ersted (P. 206-207)
- ▶ Le bonhomme d'Ampère (P. 208-209)

Aurore boréale due à une perturbation du champ magnétique terrestre par le vent solaire.



1543

Le modèle de Copernic

1609

La lunette de Galilée

1990

Le télescope Hubble

Galilée présente sa lunette au doge de Venise.

La lunette de Galilée

En cette fin d'année 1610, Galilée pense à toutes les observations astronomiques qu'il a menées. Quel bonheur d'être le premier à avoir vu tant de choses nouvelles! Mais ses contemporains vont-ils accepter de changer leur vision du monde? Déjà, en 1604, la confirmation par ses mesures de l'apparition d'une nouvelle étoile avait été violemment contestée, car cela réfutait le caractère immuable des corps célestes alors admis.

En 1609, il avait fabriqué une lunette de faible grossissement, en s'inspirant d'un modèle venu des Pays-Bas. Après avoir montré au doge qu'elle permettait de repérer les bateaux au loin, Galilée avait ensuite débuté une campagne d'observation du ciel. Il avait vu des montagnes sur la Lune et avait pressenti que ses dessins d'observation allaient lui attirer des ennuis. En effet, cela contredisait une nouvelle fois l'astronomie de Ptolémée alors enseignée, selon laquelle les astres sont parfaitement lisses et sphériques.

En mars 1610, il a publié un livre de quelques pages, *Le Messager céleste*, présentant sa lunette et des observations pour la première fois décrites : la surface de la Lune n'est pas lisse, la Voie lactée est formée d'un nombre considérable d'étoiles et Jupiter possède quatre satellites. Ce livre l'a rendu rapidement célèbre dans toute l'Europe, mais il sait que cela sera la source d'ennuis avec l'Église notamment.

De plus, ses récentes observations des phases de Vénus ne peuvent s'expliquer que si cette planète tourne autour du Soleil, ce qui contredit le modèle du monde alors admis. Par prudence, il indique sa découverte sous forme codée dans une lettre à Kepler. Mais les ennuis redoutés deviendront bien réels, comme la censure de son ouvrage par l'Église en 1616 ou son procès en 1633. Celui-ci a lieu suite à la publication du *Dialogue sur les deux systèmes du monde* dans lequel il prend nettement position pour le système de Copernic qui explique les phénomènes observés de la façon la plus simple. C'est un des plus célèbres procès menés contre un scientifique. Galilée est condamné par le tribunal du Saint-Office de l'Inquisition à abjurer ses convictions, ses écrits sont interdits et il est maintenu en résidence surveillée. Cependant, ses idées seront discutées par nombre d'astronomes, ecclésiastiques notamment. En 1992, la commission chargée par le pape Jean-Paul II de la révision de ce procès blanchit Galilée de toute hérésie.



150

Le modèle géocentrique
de Ptolémée

1543

Le modèle héliocentrique
de Copernic

1619

Les trois lois de
Kepler

Les trois lois de Kepler

Dans le courant de l'année 1619, les astronomes de la Renaissance vivent une véritable « révolution » intellectuelle : Johannes Kepler, admirateur de Copernic, ancien assistant de Tycho Brahe, publie sa troisième et dernière loi sur les mouvements des astres dans son traité *Harmonices mundi*. Autrement dit, une nouvelle astronomie est née, basée sur des observations méticuleuses et des lois mathématiques précises.

La première loi stipule que les trajectoires des planètes sont des ellipses*, et que le Soleil en est l'un des foyers.

La deuxième loi s'intéresse à la vitesse des planètes : celles-ci se meuvent d'autant plus vite qu'elles sont proches du Soleil.

Enfin, la troisième loi permet d'écrire une relation mathématique valable pour toutes les planètes entre leur durée de révolution complète et le demi-grand axe de leur trajectoire.

Par ailleurs, Kepler est un fervent partisan de Galilée avec qui il correspond. Les deux savants communiquent lors du passage d'une comète en 1618 et discutent des taches solaires. Grâce à leurs compétences extraordinaires et complémentaires, les deux savants travaillent dans un climat d'émulation constructive, ce qui permet à l'astronomie d'avancer à grands pas.

Malgré ses errances, notamment en astrologie, Kepler est considéré comme l'un des génies de son époque. Force est de constater qu'il sut s'approprier données expérimentales et outils mathématiques afin de décrire des phénomènes lointains et complexes grâce à trois lois relativement simples. Ses travaux suscitèrent de nombreux échanges entre astronomes et inspirèrent fortement Isaac Newton.

En son honneur, le télescope spatial Kepler a été lancé en 2009 ; en 2016, il avait déjà permis de découvrir plus d'un millier d'exoplanètes.

Vue d'artiste du
télescope *Kepler*
en pleine mission.

À LIRE AUSSI

- 📖 Les *Principia* de Newton (P.146-147)
- 📖 Zoom : Astronomie et astrologie (P.94-95)
- 📖 Zoom : Le savant et la société (P.98-99)
- 📖 Zoom : Physique et musique (P.156-157)



1623

La mécanique de Galilée

1687

La mécanique de Newton

1905

La mécanique d'Einstein

La nature est un livre écrit en langage mathématique

Quelle satisfaction pour Galilée, lui qui a enseigné les mathématiques à Padoue, et écrit en 1623 dans *L'Essayeur* « La nature est un livre écrit en langage mathématique », que de pouvoir justifier son affirmation par les premières lois du mouvement ! Pour confirmer ses réflexions théoriques, il a pratiqué une vraie démarche scientifique alliant observation, expérimentation, formulation d'hypothèses et vérification des lois mathématiques proposées. Mais que de difficultés il a fallu surmonter ! Par exemple, les corps tombent si vite qu'il n'y a pas moyen de chronométrer leur chute. Pour ralentir le mouvement, il a eu l'idée d'utiliser la descente d'une bille sur un plan incliné. Pour mesurer les durées, rien de plus simple : un assistant ouvre ou bouche le trou d'un récipient percé et rempli d'eau pendant le déplacement de la bille, la masse d'eau écoulee servant de mesure de temps. Grâce à ces moyens rudimentaires, il a établi que la distance parcourue durant la chute était proportionnelle au carré de la durée du mouvement. Par ailleurs, il a dû faire preuve d'astuce pour montrer expérimentalement que la chute d'un projectile de vitesse initiale horizontale s'effectuait selon une parabole*, contrairement à ce que Tartaglia avait affirmé sur les bases de la théorie d'Aristote.

Mais la chute libre pose encore problème, car la vitesse n'a pas encore été clairement définie. Comment étudier ce phénomène ? Lâcher des objets du haut de la tour de Pise ? Faire une « expérience de pensée » basée sur des expériences réelles et imaginer qu'idéalement, en l'absence totale de frottements, tous les corps tomberaient à la même vitesse ? Malheureusement, en l'absence de pompe à vide, il est impossible de vérifier expérimentalement cette assertion.

En 1638, Galilée regroupe ses résultats d'expériences dans son *Discours et démonstrations mathématiques sur deux sciences nouvelles*. Il fonde ainsi la physique moderne.

Les principes de Galilée prouvés

En 2012, Félix Baumgartner, équipé d'un scaphandre, s'est élancé d'un ballon d'hélium à 39 000 m d'altitude. L'air est raréfié et, après une chute libre de plus de 4 minutes, il atteint la vitesse de 1 341,9 km/h, soit 1,24 fois la vitesse du son.

Le début de la chute libre de Félix Baumgartner.

À LIRE AUSSI

- 📖 La lunette de Galilée (P. 106-107)
- 📖 Zoom : Physique et sport (P. 90-91)

