

HISTOIRE DES SCIENCES

Préhistoire

Historiquement, la technique précède la science. En s'appuyant sur une démarche empirique, l'homme invente très tôt des outils et découvre le feu : c'est la période du paléolithique (qui commence il y a environ 2,5 millions d'années et s'achève vers le XI^e millénaire av. J.-C.). Aucune science à proprement parler n'existe à cette époque. **La science et la magie** ont été, durant plusieurs millénaires, très liées l'une à l'autre¹. Le développement de l'agriculture et de l'élevage ne sont pas non plus sans rapport avec l'émergence de certaines sciences, le calcul et l'astronomie.

Antiquité

Ce n'est que quelques siècles avant l'ère chrétienne, tout au plus un millénaire, qu'a commencé à se former une véritable pensée scientifique, au croisement de diverses traditions : grecque bien sûr, mais également mésopotamienne, égyptienne, voire indienne ou chinoise.

Pré-science mésopotamienne et babylonienne

C'est sur des tablettes d'argile babyloniennes qu'on trouve la trace des premières mathématiques. Les quatre opérations de base se faisaient à l'aide de tables et la résolution de problèmes pratiques à l'aide de mots détaillant toutes les étapes. Cependant, cette algèbre ne sera pas étendue et il faudra attendre les travaux des mathématiciens arabes pour développer cet aspect des mathématiques.

Très préoccupés d'astrologie, les peuples de Mésopotamie se mirent très tôt à observer le ciel et à consigner leurs observations par écrit, initiant ainsi une véritable science astronomique. Des tablettes de l'époque paléo-babylonienne (vers 1800 av. J.-C.) ont été retrouvées, rendant compte d'observations effectuées dès la fin du III^e millénaire. À cet effet, les Babyloniens durent mettre au point des méthodes de calcul et de mesure pour consigner les dites observations avec une précision scrupuleuse. L'archivage systématique des phénomènes célestes jugés importants pour les présages amena la découverte de certaines périodicités dans les mouvements des astres³.

Pour le commerce, il était nécessaire de nommer les animaux et les plantes. Mais ils ne se limitèrent pas à une simple énumération, ils les classifièrent et cela dépassait le domaine simplement marchand. C'est ainsi que des centaines d'animaux et plantes sont classifiés en « règnes » (les poissons, les crustacés, les serpents, les oiseaux ou encore les quadrupèdes).

Les Mésopotamiens connaissaient plusieurs maladies et avaient des remèdes pour chacune d'entre elles. Des textes et manuels médicaux avaient même été écrits, mais il semblerait que l'expérience du médecin était la plus importante. Les remèdes, à base de drogues végétales comme des racines mais aussi de minéraux comme le sel, côtoyaient la magie. À cette époque, on pensait par exemple que certaines plantes devaient être cueillies à certaines dates, administrées un certain nombre de fois (des chiffres comme le 3, le 7 et leurs multiples étaient très prisés). La récitation d'incantations faisait aussi partie du remède. Tout cela s'explique

très logiquement par le fait qu'en ces temps, on pensait que les maladies étaient d'origine divine. Ainsi, si l'on désirait soigner le malade, il fallait apaiser les dieux.

Sciences égyptiennes

En mathématiques, le nombre pi est utilisé, depuis le Moyen Empire et probablement bien avant sous l'Ancien Empire. Les pyramides sont orientées par rapport à la course du Soleil (équinoxe) avec une précision de quelques minutes d'arc et sont alignées sur les quatre points cardinaux.

Après les conquêtes d'Alexandre le Grand, la ville de Alexandrie deviendra le centre intellectuel de l'antiquité méditerranéenne. Mais avant cette époque, des scientifiques grecs comme Thalès, Pythagore ainsi que Euclide y vinrent s'enseigner le savoir égyptien.

Les Anciens Égyptiens ne développent les sciences que dans une perspective pratique (construction architecturale, administration...), mais ne s'engagent pas dans un examen *scientifique* du monde. Ce n'est qu'avec les Grecs qu'apparaîtront les démonstrations. Cette différence d'approche entre les Grecs et les Égyptiens est manifeste dans l'histoire de l'astronomie.

Outre la cartographie du ciel, les anciens égyptiens maîtrisent la description précise du mouvement du Soleil et le calcul exact des éphémérides.

L'ingénierie égyptienne atteint une impressionnante efficacité : les anciens Égyptiens ne mettent que trente ans à construire chacune des grandes pyramides. Le nombre d'ouvriers, le volume de blocs de pierre à sculpter, le transport de ces blocs depuis les carrières, l'infrastructure nécessaire à la réalisation (rampes), la quantité de nourriture à apporter aux ouvriers, tout est calculé. La précision de la technique de taille des pierres, aussi, est réellement impressionnante et on ne comprend toujours pas comment les 20 000 ouvriers, dont on a retrouvés les traces grâce aux fouilles de la pyramide de Khéphren, sont parvenus à transporter des blocs de plusieurs tonnes et à les disposer de manière à ce que même une lame de rasoir ne puisse se glisser entre deux blocs. Les temples, les obélisques et les tombeaux sont tout aussi impressionnants. Les scribes calculaient vite et bien, les ouvriers travaillaient vite et bien. Contrairement à une croyance tenace, l'esclavage n'existait pas en Égypte⁸ : ces ouvriers, détenteurs d'une haute technicité, sont particulièrement choyés⁹ par les pharaons.

Du fait de la pratique de l'embaumement, les médecins égyptiens ont acquis une connaissance approfondie de l'intérieur du corps humain. Ils ont ainsi identifié et décrit un grand nombre de maladies. Ils sont compétents en médecine cardiologique, gynécologique (dont la contraception), ophtalmologique, en gastro-entérologie et en examens urinaires. Ils pratiquent avec succès des opérations même chirurgicales. Ils sont assez réputés à l'époque antique pour que l'on fasse appel à eux, au-delà des frontières de l'Égypte Antique.

Sciences grecques

Les sciences grecques héritent du savoir babylonien et, directement à Alexandrie, des connaissances scientifiques égyptiennes. Elles s'organisent autour des centres d'échanges que sont les grandes villes des colonies grecques, qui entourent alors le bassin méditerranéen. Les sciences grecques entretiennent un lien étroit avec la spéculation philosophique : la logique

est née de la question de la cohérence du discours ; la physique de celle du principe de toutes choses.

Il n'y a d'ailleurs pas de frontière nette entre la science et la philosophie. La plupart des savants sont à la fois scientifiques et philosophes, pour la simple raison que la science n'est pas encore formalisée. Tout comme la philosophie, elle utilise exclusivement la langue naturelle pour s'exprimer. Ce n'est que plusieurs siècles plus tard avec Galilée que la science se formalisera, et commencera à se détacher de la philosophie. Cependant, on distingue deux grands mouvements de pensée, engendrés par deux écoles dont les influences s'entrecroisent :

- le monisme, ou idée de l'unité du monde pris dans sa totalité, historiquement introduit par les Milésiens, propose une vision d'un monde s'organisant à partir d'un principe générateur (en découlent quelques aspects de la pensée atomiste et du matérialisme).
- le formalisme, historiquement introduit par l'école pythagoricienne, propose une vision mathématique d'un Cosmos ordonné par les nombres, où la composante mystique est bien plus explicite puisque le nombre est une sorte d'idée du dieu.

Les deux courants portent en eux un attachement très fort à l'expérience. On parle de science « contemplative » pour désigner l'attitude antique des scientifiques grecs. L'astronomie en est l'exemple parfait. Si l'astronomie grecque, à ses débuts, était fortement imprégnée de présupposés philosophiques (géocentrisme, mouvements circulaires uniformes des astres), elle a su s'en écarter progressivement (sans aller toutefois jusqu'à adopter une vision héliocentrique), à mesure que des observations plus fines venaient contredire ces présupposés. La théorie se devait de « sauver les apparences » (σώζειν τὰ φαινόμενα)¹⁰. Au terme de ce cheminement, il apparaît que Ptolémée considérait la géométrie de son système comme un moyen commode de décrire les trajectoires des astres, comme un modèle, plutôt que comme l'expression d'une réalité matérielle¹¹.

Les Grecs sont considérés comme les fondateurs des mathématiques, car ils ont inventé ce qui en fait l'essence même : la démonstration. Thalès est parfois considéré comme le premier philosophe qui eut l'idée de raisonner sur les êtres mathématiques en eux-mêmes, sans plus s'aider de figures empiriques. L'arrivée de la preuve mathématique est certainement liée à l'installation de la démocratie et à la nécessité de démontrer la véracité de son discours, mais c'est avec Euclide qu'elle apparaît comme une composante intrinsèque de la pensée mathématique. On notera aussi que les mathématiques grecques sont avant tout de la géométrie et de l'arithmétique. Sur les treize livres des *Éléments* d'Euclide, qui constituent une somme des connaissances mathématiques du III^e siècle av. J.-C., neuf sont consacrés à la géométrie et quatre à l'arithmétique. Il est donc essentiel de comprendre que, pour les Grecs, le calcul ne fait pas partie des mathématiques. C'est l'affaire des comptables — les « logisticiens » suivant le mot grec — et les Grecs sont d'ailleurs de très piètres calculateurs. Le calcul sera avec l'algèbre l'une des grandes avancées des mathématiques arabes.

La liste des savants grecs importants est fort longue. On citera, dans l'ordre chronologique, Thalès, Pythagore, Hippocrate, Aristote, Euclide, Archimède, Aristarque, Ératosthène, Hipparque et Ptolémée, qui doit être considéré comme grec, même s'il vivait à Alexandrie, donc en Égypte et à l'époque romaine.

Épicure mérite incontestablement une mention spéciale. Il est surtout connu comme philosophe, mais outre le fait qu'il a jeté les bases de la libre pensée (il ne faut pas craindre les dieux) et de la méthode scientifique fondée sur l'observation à travers les sens, il a œuvré dans

de nombreux domaines, et notamment en physique. En particulier, à la suite de Démocrite, il a énoncé une théorie atomique extraordinairement avancée : les atomes sont à la matière ce que les lettres sont aux mots, dira l'épicurien Lucrèce.

Les Romains

Les apports proprement romains sont plus technologiques que scientifiques. Il convient toutefois de mentionner leur architecture, théorisée par Vitruve. On leur doit le développement de la voûte, sans doute empruntée aux Étrusques, qui a permis de remarquables réalisations, par exemple de grandioses aqueducs.

Sciences chinoises

Francis Bacon considérait que trois grandes inventions avaient changé le monde : la poudre à canon, le compas magnétique et l'imprimerie. Ces techniques sont toutes héritées de l'empire chinois. Si la science moderne est née dans l'Europe du XVII^e siècle, bon nombre d'inventions et découvertes scientifiques ont été faites en Chine et font aujourd'hui partie de notre quotidien.

C'est le cas de la circulation sanguine¹, attribuée à William Harvey, de la première loi de mouvement redécouverte par Isaac Newton ou de l'imprimerie à caractères mobiles, réinventée par Johannes Gutenberg. Parmi les scientifiques les plus importants de la Chine citons Shen Kuo (1031-1095) et Zhang Heng (78-139).

Les fruits de près de trente siècles de développements technologique et scientifique chinois, ont été transmis de l'Orient à l'Occident via la civilisation islamique.

Sciences indiennes

L'humanité est redevable aux Hindous des chiffres arabo-indiens, dont le zéro, et de l'écriture décimale positionnelle, autant d'innovations aujourd'hui universellement adoptées. Les principaux mathématiciens hindous furent Âryabhata qui calcula les quatre premières décimales de Pi, et Brahmagupta qui travailla sur les séries de nombres et la définition du zéro. Ils développèrent une série de mots pour exprimer les très grands nombres, jusqu'à 10¹². Ils maîtrisèrent les nombres irrationnels et les racines carrées de 2 et 3 avec plusieurs décimales. Ils découvrirent également ce que l'on appelle le théorème de Pythagore.

En chimie, ils réalisèrent de remarquables travaux dans la fusion du fer. Ce qui leur permit notamment de fondre de grands objets comme le pilier de fer de Delhi, qui mesure plus de sept mètres de haut pour un poids de plus de six tonnes. La particularité de ce pilier est qu'il ne présente aucune altération ou trace de rouille.

En médecine, ils découvrirent que certaines maladies étaient dues à des changements dans l'environnement (changement de saisons, mauvaise hygiène, etc.), mais ils ne cherchèrent pas à classer les maladies. Le traité fondamental de la médecine hindoue est l'Ayurveda. Ce dernier expliquait que les maladies sont dues à un déséquilibre et qu'ainsi pour guérir un malade il faut remplacer les éléments nuisibles par ceux qui sont harmonieux. Des explications sur diverses opérations chirurgicales sont également présentes.

Moyen Âge

Sciences arabes

Au Moyen Âge, les sciences grecques sont préservées, notamment par la traduction en arabe de nombreux livres, présents dans la Bibliothèque d'Alexandrie. Ces sciences sont alors enrichies et diffusées par la civilisation arabo-musulmane qui vit alors un âge d'or. On lui doit notamment de nombreux travaux en astronomie, en géographie, en optique, en médecine, mais aussi en mathématique (algèbre, analyse combinatoire et trigonométrie principalement).

Sciences de l'Europe médiévale latine

Après les invasions vikings, arabes, et hongroises, l'occident médiéval (latin) s'approprie ensuite l'héritage grec et arabe. Vers l'an mil, Gerbert d'Aurillac (qui deviendra le pape Sylvestre II) rapporte d'Espagne le *système décimal* avec son *zéro*.

Au XII^e siècle, de 1120 à 1190 environ, un travail systématique de traduction des œuvres des scientifiques et philosophes grecs et arabes est effectué à Tolède et dans quatre villes en Italie (Rome, Pise, Venise, Palerme. s'appuyant aussi sur les écrits philosophiques grecs (Platon, Aristote), eux aussi transmis par les Arabo-musulmans (sauf Platon qui n'avait pas été perdu)¹³.

La diffusion progressive de ces connaissances au XII^e siècle dans tout l'Occident aboutit à leur intégration par Albert le Grand dans les universités alors en création : Bologne, Paris (Sorbonne), Oxford, Salamanque, etc., avec les disciplines du droit. Au XIII^e siècle, la théologie de Thomas d'Aquin, à l'université de Paris, s'appuie sur les écrits d'Aristote qui vont longtemps faire autorité en matière de méthode scientifique et philosophique (on ne faisait pas vraiment la différence entre ces deux domaines). Paris acquiert un grand prestige pour son université très réputée, et devient une sorte de capitale de l'Occident.

La grande peste qui ravage l'occident (1347-1351, qui se répète ensuite par vagues successives) puis la guerre de Cent Ans en France interrompent cette Renaissance, qui néanmoins reprend assez vite en Italie et en Avignon. Le Moyen Âge tardif annonce déjà, aux XIV^e et XV^e siècles, la Renaissance, et apporte encore beaucoup de connaissances en géographie et cartographie, disciplines où l'occident avait accumulé un grand retard. Pierre d'Ailly, au tournant des XIV^e et XV^e siècles écrit l'*Imago mundi* (1410), qui servira à un certain Christophe Colomb, et Fra Mauro alimente en connaissances cartographiques les premiers navigateurs portugais au milieu du XV^e siècle. Ils préparèrent les grandes découvertes par les navigateurs européens de la Renaissance.

Renaissance

La Renaissance en Europe (qui commença en Italie), fut une période qui se termina par une véritable révolution scientifique. Des théories tout à fait nouvelles sont apparues, remettant en cause la façon dont l'homme voyait le monde et sa place dans ce dernier.

En fait, ce que l'on appelle couramment la Renaissance commença beaucoup plus tôt en Italie et en Avignon, que dans le reste de l'Europe (la France, restera longtemps affectée par les soubresauts de la guerre de Cent Ans).

Les raisons de cette Renaissance sont multiples. La diffusion de la connaissance s'améliore : au XII^e siècle, on redécouvre des textes anciens (Aristote) conservés et enrichis par les Arabes (voir Renaissance du XII^e siècle), puis l'invention du papier est importée de Chine pour enfin culminer avec l'invention de l'imprimerie (1453) (également importée et améliorée par Gutenberg). Celle-ci a permis de diffuser en plus grand nombre des livres (les copies sur manuscrit prenaient du temps) et surtout de publier des livres en français à la place du latin, donc de propager la culture.

Par ailleurs, de nouvelles idées circulent avec l'apport des connaissances byzantines, à la suite du déclin et de l'effondrement final de l'Empire byzantin en 1453 ainsi qu'avec la naissance du protestantisme et de l'hermétisme qui força l'Église catholique romaine à se remettre en cause, amorçant ce qui sera une séparation de la science et de la religion.

Copernic vécut pendant la Renaissance, mais les possibilités de diffusion de l'information n'étaient pas encore telles que ses idées, pas toujours si mal acceptées au départ, puissent être diffusées largement. On ne peut pas parler de révolution copernicienne au sens propre pour la Renaissance (elle fut un peu postérieure). Toutefois, il y eut bien un changement radical de vision du monde, qui portait davantage sur la prise de conscience par le plus grand nombre de la rotondité de la Terre (on l'avait redécouverte dans les milieux cultivés depuis le XII^e siècle), dès l'instant que les navigateurs eurent traversé l'Atlantique. En particulier, les voyages de Christophe Colomb eurent un retentissement considérable.

Les progrès scientifiques et techniques de la Renaissance, ainsi que le renouveau dans les autres domaines (art) furent l'une des causes de l'extraordinaire période d'explorations par les navigateurs européens, d'abord portugais, et italiens, puis espagnols et français, qualifiée de grandes découvertes, qui permit à l'Europe de s'assurer la suprématie mondiale.

XVII^e siècle

Dans l'Antiquité et jusqu'au XVIII^e siècle, la science est indissociable de la philosophie (on nommait d'ailleurs la science, la philosophie naturelle) et étroitement contrôlée par les religions. Sous la pression du savoir qui s'accumule, elle vient sans cesse heurter les dogmes religieux. Le contrôle de la religion sur les sciences va progressivement diminuer avec l'apparition de l'astronomie et de la physique moderne, faisant des sciences un domaine autonome et indépendant.

La transition entre les sciences médiévales et la Renaissance est souvent confondue avec la révolution copernicienne. Celle-ci correspond plutôt à la transition entre la Renaissance et le siècle des Lumières, car il fallut un certain laps de temps pour que la découverte de l'héliocentrisme soit partagée et acceptée.

Du point de vue scientifique, c'est en effet l'astronomie qui déclenche le changement à cette époque. Témoin la refondation de l'algèbre accomplie par Viète (1591). Après Copernic qui vécut avant la guerre de Trente Ans (l'année 1543 correspond à la parution de son principal traité), d'autres astronomes reprirent les observations astronomiques : Tycho Brahe, puis Kepler, qui effectua un travail considérable sur l'observation des planètes du système solaire, et énonça les trois lois sur le mouvement des planètes (lois de Kepler).

Cependant, il manquait encore à Kepler l'instrument, la lunette, qui, inventée en Hollande en 1608 à des fins de lunette d'approche simple, et perfectionnée par Galilée en 1609 pour des usages en astronomie, permit à ce dernier de réaliser des observations qui confirmaient une fois de plus que la théorie géocentrique était réfutable. L'apport de Galilée fut aussi très important en sciences (cinématique, observations astronomiques, etc.). Son traité de 1632 lui valut le fameux procès avec les autorités religieuses (juin 1633), qui reçurent mal la théorie, jugée incompatible avec le texte de la Bible. Il fut condamné à la prison à vie. Son ami Urbain VIII commua sa peine en assignation à résidence.

René Descartes : (travaux en analyse, géométrie, optique). Apprenant l'issue du procès de Galilée (novembre 1633), il renonça à publier un *traité du monde et de la lumière* (1634), et se lança dans la carrière philosophique que l'on connaît (*discours de la méthode*, 1637), cherchant à définir une méthode permettant d'acquérir une science juste et exacte, son principe de base étant le doute et le cogito. Critiquant la scolastique, il poussa par la suite le doute jusqu'à remettre en cause les fondements mêmes de la philosophie de son époque (*méditations sur la philosophie première*, 1641).

L'héliocentrisme s'étant trouvé confirmé de multiples manières fut finalement accepté par l'Église catholique romaine (Benoît XIV) en 1714 et 1741, de sorte que les écrits de Galilée furent retirés de l'Index.

Blaise Pascal fit des découvertes en mathématiques (probabilités), et en mécanique des fluides (expériences sur l'atmosphère). Huygens développe une théorie ondulatoire de la lumière, qui pour avoir subi un siècle d'éclipse n'en est pas moins géniale. Torricelli découvre le baromètre.

Mais le scientifique le plus important de cette époque est Isaac Newton. Avec Leibniz il invente le calcul différentiel et intégral. Avec son *Optique*, il établit dans cette science une contribution tout à fait significative, et surtout il fonde la mécanique sur des bases mathématiques, et établit ainsi de manière chiffrée le bien fondé des considérations de Copernic et Galilée. Son livre *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* a marqué l'évolution de la conception physique que l'homme se fait du monde comme aucun ouvrage avant lui depuis les éléments d'Euclide, et a été considéré comme le modèle insurpassable de théorie scientifique jusqu'au début du XX^e siècle. Le prestige de Newton aura largement dépassé les frontières de la science, puisqu'il a influencé de nombreux philosophes : Voltaire¹⁵, David Hume, entre autres.

Francis Bacon est considéré, avec le physicien et chimiste irlandais. Robert Boyle, comme le fondateur de la méthode expérimentale. En outre, Robert Boyle est considéré comme le fondateur de la philosophie de la nature. Quoiqu'empirique, la méthode expérimentale est extrêmement importante pour valider des théories, elle constitue l'un des fondements de la méthode scientifique moderne.

XVIII^e siècle

Pour ce qui est des sciences, le XVIII^e siècle voit croître les connaissances de manière tout à fait significative. Les domaines issus du XVII^e siècle et de la Révolution Scientifique continuent sur leur lancée, tandis que de nouveaux domaines sont explorés, tels que l'électricité. Cela se traduit par une croissance tout à fait significative des connaissances des grands domaines scientifiques, le renforcement de la place des sciences dans la société par le biais par exemple de la diffusion de leur enseignement, l'augmentation du nombre de personnes ayant des activités scientifiques, et une spécialisation un peu plus accrue que précédemment.

Ce n'est qu'au XVIII^e siècle que les travaux de Newton sur l'interaction gravitationnelle commencent à être vraiment diffusés : en France, par exemple, on continuait d'expliquer le mouvement des planètes par la théorie des tourbillons de Descartes. À la même période, Voltaire, véritable propagandiste de Newton, s'implique dans le débat et publie deux essais sur Newton : *Épître sur Newton* (1736), et *Éléments de la philosophie de Newton* (1738). La mécanique analytique se développe au long du siècle avec Varignon, D'Alembert, Maupertuis, Lagrange et quelques autres, poursuivant ainsi l'œuvre de Jacques Bernoulli sur l'analyse mathématique (poursuivie par son frère Jean Bernoulli, et Euler), qu'il avait lui-même fondé sur la formalisation de Leibniz du calcul différentiel et intégral¹⁶. Outre la gravitation, les savants s'intéressent aux systèmes à liaisons, puis appliquent le formalisme aux milieux continus, ce qui permettra à D'Alembert en 1747 de déterminer l'équation des cordes vibrantes, et à Euler en 1755 d'établir les équations générales de l'hydrodynamique. Tandis que D'Alembert publie en 1743 son très remarqué *Traité de dynamique* dans lequel il tente de réduire toute la dynamique à la statique, Maupertuis invente le principe de moindre action, et Lagrange, en 1788, va magistralement parachever l'œuvre¹⁷. C'est véritablement avec ce dernier que la mécanique devient une nouvelle branche de l'analyse mathématique.

À côté de l'avancée de la mécanique analytique, le XVIII^e siècle voit se développer de manière tout à fait significative la physique expérimentale, notamment à partir des années 1730. Cette physique expérimentale s'intéresse ainsi à l'électricité. Gray en Angleterre comprend le rôle de ce que Desaguliers appellera après lui conducteurs et isolants. Dufay, académicien des sciences français lui rendra d'ailleurs visite, et expérimentera par lui-même ensuite. C'est Nollet qui composa le premier système d'ampleur d'explication des phénomènes électriques, ou plutôt électrostatiques pour employer le vocabulaire contemporain. Son système ne survivra pas à la confrontation avec le système de Benjamin Franklin, notamment après le retentissement de son expérience bien connue de son cerf volant, montrant que la foudre est électrique, et bien que cette expérience n'ait que peu de rapports avec son système. À la fin du siècle, les importants travaux de Coulomb permettent de donner une mesure de la force électrique tandis que ceux de Volta permettent de créer les premières piles voltaïques.

Les théories de la chaleur se développent à la faveur des recherches sur le ressort de l'air initiées à la fin du XVII^e siècle, par Boyle en Angleterre, et Mariotte, un peu plus tardivement en France. Ainsi, Guillaume Amontons fait d'importants travaux sur les thermomètres dans les toutes premières années du siècle, vite éclipsés par ceux de Fahrenheit, et de Réaumur. En 1741, Anders Celsius définit comme extrémités de l'échelle des températures, l'ébullition de l'eau (degré 0), et la congélation de l'eau (degré 100), échelle que Linné renverse en 1745. C'est cette échelle qui sera retenue en 1794 par la Convention quand le système métrique sera adopté¹⁸. Du côté des théories de la chaleur elles-mêmes, on ne conceptualise pas encore la différence entre température et chaleur. Boerhaave au début du siècle, puis Black, et enfin Lavoisier¹⁹ à la fin du siècle, adopte tous une conception matérielle de la chaleur. Lavoisier nomme ce fluide le "calorique", dont l'inexistence sera démontrée au XIX^e siècle.

Le XVIII^e siècle voit aussi l'émergence de la chimie, grâce en particulier aux travaux du même Antoine de Lavoisier sur la combustion de l'oxygène, qui mettent au jour la notion d'élément chimique, et contribue à ce que les théories alchimiques tombent en désuétude.

Les sciences de la vie et de la terre connaissent un grand développement à la suite des voyages en Afrique et dans le Pacifique : on doit citer Georges Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788), Carl von Linné (1707-1778), Georges Cuvier (1769-1832), et Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829).

Le XVIII^e siècle est aussi un siècle d'inventaire des connaissances. *L'Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, œuvre majeure de Denis Diderot et Jean Le Rond d'Alembert publiée entre 1751 et 1772, fut la première encyclopédie d'envergure après les grandes encyclopédies du Moyen Âge. L'Encyclopédie comprenait notamment un ensemble bien structuré et référencé d'articles sur l'astronomie, qui permit de diffuser dans la société le modèle héliocentrique de Copernic, ainsi que la théorie de la gravitation universelle de Newton qui permettait d'expliquer le mouvement des planètes autour du Système solaire selon des trajectoires elliptiques²⁰.

La fin du siècle voit la création du système métrique, sous l'impulsion de Laplace notamment.

XIX^e siècle

Au XIX^e siècle, la science se développe à un rythme encore plus soutenu :

- Les mathématiques se raffinent grâce aux travaux de nombreux savants parmi lesquels Cauchy, Galois, Gauss, et Riemann sont probablement les plus illustres. La géométrie est révolutionnée par l'apparition d'abord de la géométrie projective, puis des géométries non-Euclidiennes qui mettent fin au règne sans partage de la première des théories mathématiques de l'antiquité: la géométrie.
- l'optique de Newton subit une révision radicale avec les travaux d'Young et ceux de Fresnel : On passe de la conception corpusculaire de Newton à une révision de la conception ondulatoire de Huygens.
- l'électricité et le magnétisme sont unifiés au sein de l'électromagnétisme par James Maxwell à la suite de travaux de nombreux physiciens et mathématiciens tels Ampère, Faraday ou encore Gauss ;
- le principe des machines à vapeur, qui est au cœur de la révolution industrielle, est expliqué. Ainsi naît la thermodynamique des réflexions de Sadi Carnot. Elle sera perfectionnée par toute une série de physiciens parmi lesquels on remarque Clausius, Nernst et Boltzmann.
- La chimie prend son envol, et le siècle voit la découverte de la quasi-totalité des éléments chimiques, et leur classement par Mendeleïev.
- La fin du siècle voit la découverte de phénomènes physiques jusqu'alors inconnus (ondes radios - rayons X - radioactivité) par toute une série de grands savants parmi lesquels on trouvera en particulier Hertz, Röntgen ainsi que Pierre et Marie Curie.

La médecine qui avait longtemps stagné progresse avec en particulier la découverte de vaccins par Jenner et Pasteur. La biologie se constitue comme une science à part entière notamment grâce à Jean-Baptiste Lamarck, qui invente le mot et la chose en 1802, en proposant une théorie des êtres vivants dont découle ensuite une théorie de l'évolution. Des difficultés ressurgissent entre science et religion avec la parution par Charles Darwin de

L'Origine des espèces en 1859, mais elles n'auront pas la résonance de l'affaire Galilée. La biologie voit ensuite le développement de la physiologie, notamment grâce à Claude Bernard. L'abandon du vitalisme à la suite de la synthèse de l'urée qui démontre que les composés organiques obéissent aux mêmes lois physico-chimiques que les composés inorganiques. La naissance de la génétique, à la suite des travaux de Gregor Mendel, exposés en 1865 et publiés en 1866, mais dont l'importance ne sera reconnue qu'au tout début du XX^e siècle.

Sur un plan purement philosophique, Auguste Comte (qui n'exerça jamais en tant que scientifique), dans sa doctrine positiviste, formule la loi des trois états qui, selon lui, fait passer l'humanité de l'âge théologique (connaissances religieuses), à l'âge métaphysique, puis à l'âge positif (connaissances scientifiques). Dans la deuxième partie de sa carrière philosophique, sa pensée se transforme en une sorte de religiosité.

L'enseignement a une part capitale dans le développement important que connaît la science, ainsi que les techniques, à partir de cette époque²¹. Les États qui ont démocratisé l'enseignement, lui ont fourni un contexte et des moyens favorables à la recherche scientifique ont été ainsi à l'avant-garde durant plusieurs années. L'exemple de la France est assez emblématique, qui à la suite de la Révolution fait de la science un des piliers de l'enseignement et où une véritable politique de la science voit le jour avec le développement d'institutions existantes (Collège de France, Muséum national d'histoire naturelle, etc.) ou la création de nouvelles (École polytechnique, Conservatoire national des arts et métiers, etc.). Alors que l'enseignement était principalement donné par l'Église, le développement de l'enseignement pris en charge par l'État servait également à laïciser le pays et accentue de ce fait encore plus la séparation de l'Église et de la science. Cette séparation de l'Église et de l'enseignement sera également présente dans d'autres pays comme au Royaume-Uni, mais quelques décennies plus tard.

C'est aussi au XIX^e siècle que la science se professionnalise véritablement²². Les institutions (universités, académies ou encore musées), bien qu'existant auparavant, deviennent les seuls centres scientifiques et marginalisent les apports des amateurs. Les cabinets de curiosités disparaissent au profit des musées et les échanges qui étaient courants entre savants, amateurs et simples curieux deviennent de plus en plus rares.

Pourtant, il reste bien certains domaines où les travaux des amateurs sont importants pour la science. C'est le cas de plusieurs sciences naturelles, comme la botanique, l'ornithologie ou l'entomologie, avec la publication d'articles dans des revues de références dans ces domaines.

XX^e siècle

Tout comme le XIX^e siècle, le XX^e siècle connaît une accélération importante des découvertes scientifiques. On peut citer plusieurs raisons à cela :

- l'amélioration de la précision des instruments, notamment grâce à l'application de certaines découvertes ;
- la mondialisation des échanges, entraînant ainsi une mise en commun (autant intellectuelle que financière) des efforts scientifiques. La science devient ainsi de moins en moins une affaire d'homme seul et de plus en plus un travail d'équipe ;

- le développement rapide de l'informatique à partir des années 1950 (aux États-Unis), avec un décalage en Europe dû à la reconstruction (années 1960). Ces technologies permettent un meilleur traitement d'une masse d'informations toujours plus importante.
- la physique a connu de grandes avancées, notamment avec la physique atomique découvrant la structure du noyau atomique. La relativité restreinte par Albert Einstein permet de poser les bases de la physique des objets aux très grandes vitesses. Son élargissement propose une théorie de la gravitation et permet des tentatives de cosmologie. La physique quantique décrit les propriétés du monde à l'échelle atomique. Elles paraissent substantiellement différentes de celles du monde à notre échelle. Un des principaux objectifs actuellement est l'élaboration d'une théorie unifiant les quatre interactions fondamentales, qui permettrait d'expliquer au sein d'une même théorie, le monde de l'infiniment grand et celui de l'infiniment petit.
- tout ce qui touche à la biologie a également connu de spectaculaires avancées. Une meilleure compréhension du cycle de vie des cellules, le rôle des gènes et autres éléments de base de la vie ont permis de grandes avancées et ouvert des perspectives totalement nouvelles. La découverte de la structure en forme de double hélice de l'ADN en est un des exemples les plus célèbres. Citer Testard.
- l'astronomie : progrès considérables grâce notamment aux nouvelles découvertes en physique fondamentale, et à la révolution dans les instruments d'observation : les radiotélescopes construits dans les années 1950-1960 ont permis d'élargir le spectre des rayonnements électromagnétiques observables, l'informatique traitant les grandes masses de données. Cela aboutit à de nouvelles théories cosmologiques, la théorie de l'expansion de l'univers étant actuellement généralement retenue dans la communauté scientifique. Les développements astronautiques ont également contribué à envoyer dans l'espace de véritables laboratoires d'observations et d'expériences ;
- les sciences de la vie et de la terre connaissent, depuis quelques décennies (en fait depuis le XIX^e siècle), un développement important, en raison de l'attention portée aux phénomènes naturels.

Interactions et spécialisations

Plus les sciences avancent dans la compréhension du monde qui nous entoure, plus elles ont tendance à se « nourrir » les unes des autres. C'est ainsi que, par exemple, la biologie fait appel à la chimie et à la physique, tandis que cette dernière utilise l'astronomie pour confirmer ou infirmer ses théories, entraînant au passage une meilleure compréhension de l'Univers. Et les mathématiques, un corps scientifique plus ou moins à part, deviennent la « langue » commune de bien des branches de la science contemporaine.

La somme des connaissances devient telle qu'il est impossible pour un scientifique de connaître parfaitement plusieurs branches de la science. C'est ainsi que les gens de science se spécialisent de plus en plus et que, pour contrebalancer cela, le travail en équipe devient la norme. Cette complexification rend la science de plus en plus abstraite pour ceux qui ne participent pas aux découvertes scientifiques. Comme le souligne René Taton²³, ces derniers

ne la vivent qu'à travers le progrès technique, occasionnant ainsi un désintéressement vis-à-vis de certaines branches de la science qui ne fournissent pas d'application concrète à court terme.

Épistémologie (philosophie des sciences)

Le XX^e siècle a connu plusieurs philosophes (comme Russell ou encore Vuillemin) et scientifiques qui ont voulu définir avec précision ce qu'est la science et comment elle évolue. C'est ainsi qu'est née l'épistémologie.

- Karl Popper : a notamment déclaré que pour qu'une théorie soit scientifique, il faut qu'elle soit réfutable par l'expérience. Mais il a également précisé que la démarche inductive, qui est la base de la validation d'une théorie scientifique, ne garantit en rien de la véracité d'une théorie. Elle ne la confirme que dans le cadre de l'expérience. Ainsi, plus le nombre d'expériences validant une théorie dans différents cas est important, plus le niveau de confiance en cette théorie est élevé, mais jamais ultime.
- Thomas Kuhn : a expliqué que l'évolution de la science est ponctuée de longues périodes calmes (appelées science normale), où une théorie communément admise par la communauté scientifique a établi des paradigmes fondateurs qui ne peuvent être contredit sans effectuer une révolution. Ces révolutions scientifiques apparaissent lorsque les observations contredisent trop systématiquement les paradigmes en vigueur. Thomas Kuhn a notamment pris l'exemple dans son livre *La structure des révolutions scientifiques*, du passage de la mécanique newtonienne à celle de la relativité générale. Cependant, l'histoire récente de la physique, tiraillée entre deux théories incompatibles entre elles (relativité générale et mécanique quantique), montre qu'un tel éclatement est parfaitement compatible avec un progrès de plus en plus rapide des connaissances scientifiques. Le domaine de validité est crucial et démontre qu'une « ancienne » théorie n'est pas fautive à partir du moment où elle a pu prédire correctement certains événements. Ainsi par exemple on ne fera pas appel à la relativité si les vitesses caractéristiques du problème posé sont petites devant la vitesse de la lumière, ni à la mécanique quantique pour traiter des objets de grandes dimensions par rapport à l'échelle atomique.

XXI^e siècle

L'orée du XXI^e siècle semble devoir se caractériser par les progrès des sciences de la communication numérique, de la biologie et de la physique des particules.