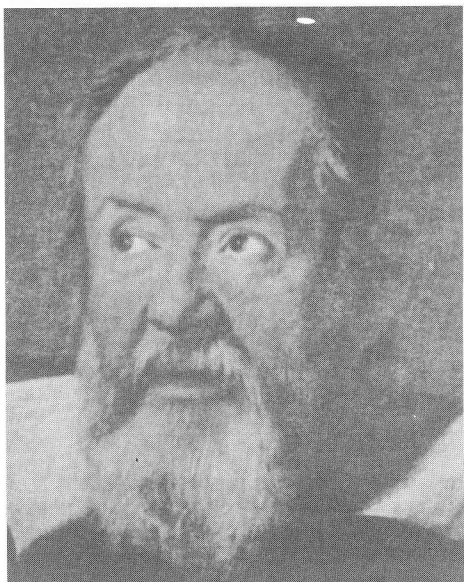


Galilée et la naissance de la science moderne

Yves De Rop



Galileo Galilei (1564—1642)
(Astronomie, vol. 8, Ed. Atlas, 1988)

Les XVe et XVIe siècles ont vu notre civilisation occidentale connaître un grand nombre de bouleversements très profonds, tant dans le domaine des arts (qui constitue un des aspects les plus connus de cette révolution), que dans des secteurs aussi variés que l'économie, la religion, la philosophie, la géographie, la science, la conception de la société en général. Rétrospectivement, les historiens ont donné à cette période (qui s'est plus ou moins étendue dans le temps, selon les pays) le nom de *Renaissance*.

Cet exposé voudrait se focaliser sur l'éclosion de la science nouvelle, dont nous sommes les héritiers aujourd'hui, car il n'est sans doute pas trop fort d'affirmer que les méthodes, et même, les objectifs de la science contemporaine sont directement tributaires d'une casure qui s'est produite à la Renaissance. La science est l'œuvre d'hommes qui vivent, réfléchissent dans une société aux mentalités bien typées, et il n'est guère étonnant que leur façon de décrire l'univers, loin d'être absolue, soit en fait influencée par la situation historique du moment. Nous explorerons principalement le domaine des sciences physiques, en montrant d'abord comment les bouleversements qu'a connus cette discipline, s'inscrivent dans une perspective plus large. Nous nous attarderons en particulier sur le personnage de Galilée (1564—1642) qui, s'il n'a pas créé à lui seul la mécanique moderne, en est au moins un des représentants les plus illustres, et dont le célèbre procès avec l'Eglise, s'il n'est pas la cause d'une rupture entre science et religion, en a parfois constitué le symbole. L'exposé se terminera par quelques réflexions sur la valeur de notre science.

Au XIIe siècle, la reconquête occidentale des territoires occupés par les Arabes, occasionne la redécouverte d'un certain nombre de penseurs antiques, des œuvres desquels les arabes ont été les dépositaires pendant plusieurs siècles. Si le haut moyen âge (jusqu'au XIe siècle) était principalement dominé par les idées de Platon (428—348 avant Jésus-Christ), on peut dire que le bas moyen âge est largement influencé par Aristote (384—322 avant Jésus-Christ), dont la philosophie est reprise et adaptée par l'Eglise (c'est la *scholastique*), et, au niveau astronomique, par le système géostatique de Ptolémée (IIe siècle après Jésus-Christ).

Le monde aristotélicien est fini, borné par la sphère des étoiles fixes. Au centre de l'univers, la Terre, immobile, autour de laquelle tournent le Soleil et les planètes. Une soigneuse distinction est établie entre les mondes *sublunaire* et *lunaire*.

Le monde sublunaire, c'est notre Terre, où toute chose est constituée à partir des quatre éléments : la terre, l'eau, l'air, le feu, répartis en couches sphériques concentriques, les *lieux naturels*, autour du centre de la Terre. Le but de tout objet déplacé est de retrouver le repos au sein du milieu naturel dont il est issu. Par exemple, une pierre est constituée de l'élément « terre ». La lancer en l'air constitue un *mouvement violent*, c'est-à-dire que l'on arrache ainsi la pierre à son lieu de repos naturel, et dès que la cause du mouvement aura disparu, la pierre retombera sur Terre par un *mouvement naturel*, selon son appétence. Autre exemple : la fumée est constituée des éléments « air », « terre » et « eau » (à cause de la suie et de l'humidité), elle va donc s'élever vers le ciel, mais lentement. On voit qu'il s'agit d'une physique profondément *finaliste*, qui sert bien la vision chrétienne médiévale assez statique de repos éternel dans la contemplation béatifique de Dieu. L'univers est immuable, dogmatique. En art, l'*hiératisme* domine, chaque chose est immobile à sa place selon une hiérarchie inaltérable. Ni mouvement, ni relief, ni perspective.

Le monde lunaire quant à lui est constitué d'*éther*, la cinquième essence (la quintessence) : domaine de la lune, du Soleil, des planètes et de la voûte céleste, où le mouvement perdure sans fin, ce monde très pur est radicalement différent du monde sublunaire.

Or, la reconquête chrétienne sur l'islam ne se manifeste pas seulement par les croisades et les guerres de religion : elle permet également le développement du commerce. La féodalité disparaît peu à peu, c'est l'essor des grandes villes marchandes, Venise, les ports de la Méditerranée. C'est bientôt le triomphe de la bourgeoisie, qui s'enrichit considérablement, la victoire de l'action, de l'individu. Les manufactures apparaissent, et pour satisfaire les besoins de l'économie, on développe les mathématiques. Un appétit rabelaisien de connaissances parcourt l'humanité. Les artis-

tes collaborent avec les scientifiques (Brunelleschi, architecte du quattrocento, auteur de la coupole de Santa Maria del Fiore à Florence, apprend la mathématique et la géométrie chez le savant Toscanelli) ou, comme Léonard de Vinci (1452—1519), sont les deux à la fois. Voici l'époque des grands voyages avec Colomb (1492), Magellan (1520), qui élargissent encore le champ de vision collectif. Ajoutons à ce tableau les conflits religieux au sein de l'Eglise chrétienne (1517, la *Réforme*) et les inévitables tensions qui en découlèrent (Contre-Réforme, Concile de Trente, Guerre de trente ans).

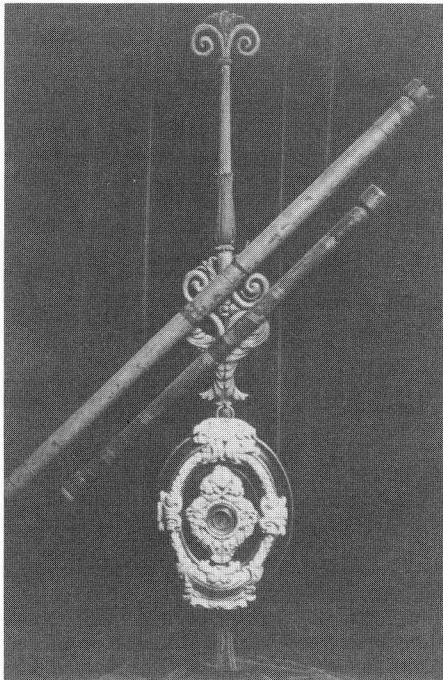
Du point de vue scientifique, les considérations aristotéliciennes sur le mouvement sont de plus en plus vivement critiquées, déjà par les mécaniciens de l'école de Paris au XIVe siècle. Avec l'effritement du monde aristotélicien apparaît un regain d'intérêt pour l'astrologie, où l'on admet une relation intime entre *macrocosme* et *microcosme* (opposée à l'ancienne distinction entre mondes lunaire et sublunaire), une analogie entre les mouvements des planètes, de la lune et du Soleil, et les destinées humaines.

L'*analogie* joue en fait un rôle important dans l'élaboration des concepts scientifiques. Ainsi, ayant remarqué la similitude entre l'apparence des noix et celle du cerveau, on en déduisait qu'il fallait manger des noix pour guérir les maux de tête. Considérations semblables en alchimie : en cherchant la pierre philosophale qui permet de transformer les métaux en or (à strictement parler, d'accélérer cette transmutation), l'alchimiste se transforme aussi, se purifie.

L'humanité connaît ce que nous appelons une grande vague d'irrationalité, qui a permis le jeu des possibles, c'est-à-dire que des théories qui auraient été jugées absurdes auparavant peuvent maintenant voir le jour. En 1543, Copernic (1473—1543) propose un système astronomique héliocentrique : en dépit des apparences, on peut très bien considérer que c'est la Terre qui tourne autour du Soleil, et si le système copernicien initial n'est pas plus simple que l'ancienne vision géostatique, il n'est en tout cas pas plus compliqué. Bref, il semble qu'à la Renaissance tout se mette à bouger, au propre comme au figuré, et le philosophe Giordano Bruno (1548—1600)

n'avait sans doute pas tort en affirmant que la révolution copernicienne était beaucoup plus qu'une modification locale dans une science particulière.

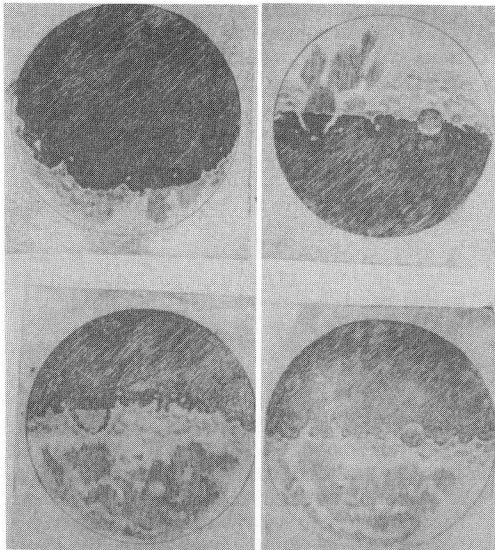
C'est dans un tel contexte que naît Galileo Galilei, dit Galilée, le 15 février 1564, la même année que Shakespeare, trois jours avant la mort de Michel-Ange. Nous n'entrerons pas ici dans les détails de la vie de ce grand homme, mais nous nous consacrerons plutôt à débroussailler ses principaux apports à la science moderne.



Lunettes de Galilée
(*Astronomie*, vol. 8, Ed. Atlas, 1988)

Professeur à l'université de Padoue, Galilée apprend en 1609 la fabrication en Hollande d'une lunette permettant de grossir l'image des objets (cependant les lentilles étaient utilisées depuis longtemps déjà, pour corriger les défauts de la vue). Dans une lettre à B. Landucci, datée du 29 août 1609, il raconte comment il parvint alors lui-même à construire une lunette grossissant neuf fois. Il a bientôt l'idée géniale de la braquer vers le ciel: il faut insister sur

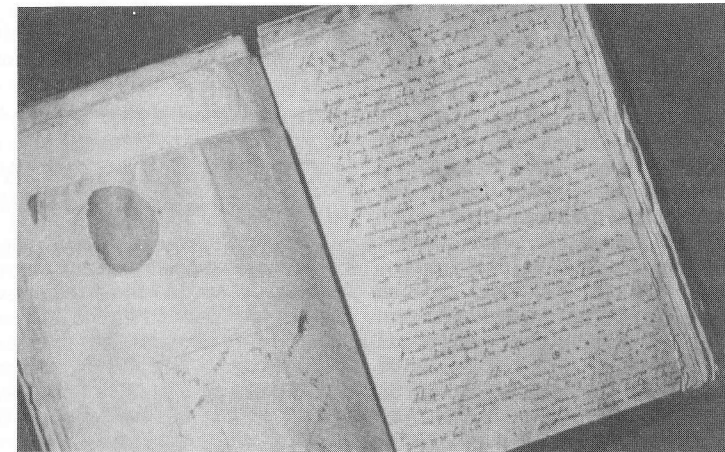
l'importance des découvertes que Galilée y fit, car en définitive c'est bien l'astronomie qui a enfanté la mécanique.



Relevés du relief de la Lune par Galilée (1610)
(*Galilée, naissance de la physique*, Les cahiers de Science et Vie n°2, avril 1991)

Tout d'abord, il distingue une multitude d'étoiles invisibles à l'œil nu. Ceci est en contradiction avec une assertion assez répandue à l'époque, selon laquelle Dieu avait créé les étoiles pour éclairer l'être humain pendant la nuit.

De plus, autour de la planète Jupiter, Galilée perçoit maintenant quatre petites étoiles. Chose curieuse, ces étoiles se déplacent d'une nuit à l'autre. Il fallut bientôt se rendre à l'évidence: Jupiter possède en fait quatre satellites qui tournent autour d'elle (il s'agit d'Io, Europe, Ganymède et Callisto, aujourd'hui appelés *satellites galiléens*). Plus tard corroborée par la découverte des phases de la planète Vénus, cette constatation porte un coup terrible au géostatisme, car pour la première fois on découvre des corps célestes dont on voit directement qu'ils ne tournent pas autour de la Terre.



Page du manuscrit du « Sidereus Nuncius » (Le Messager Céleste), publié en 1610, où Galilée relate la découverte des satellites de Jupiter. (*Astronomie*, vol. 8, Ed. Atlas, 1988)

L'anecdote suivante donnera un aperçu de l'état d'esprit de certains scientifiques contemporains de Galilée, et donc de l'originalité et du poids des découvertes de ce dernier. En vertu notamment d'arguments analogiques, apparemment toujours vivaces à cette époque, un astronome florentin, Francesco Sizzi, soutint en 1611 que l'existence des satellites de Jupiter ne tenait pas debout:

« La tête humaine comporte sept ouvertures, deux narines, deux oreilles, deux yeux et une bouche; dans le ciel il y a deux étoiles fastes, deux néfastes, deux lumineuses et Mercure isolé, indécis et indifférent. A partir de cela et de nombreux autres phénomènes du même ordre (comme les sept métaux), qu'il serait fastidieux d'énumérer, nous pouvons conclure que le nombre des planètes s'élève nécessairement à sept, (y compris le Soleil et la Lune)... En outre, les Juifs et d'autres peuples anciens et plus récemment les Européens, ont

divisé la semaine en sept jours qu'ils ont baptisés du nom des sept planètes: si l'on augmente maintenant le nombre des planètes, ce système entier s'écroulera. De plus, les satellites de Jupiter sont invisibles à l'œil nu et ils ne peuvent donc avoir aucune influence sur la Terre et par conséquent aucune utilité et enfin ils ne peuvent donc exister. »

L'idée d'un héliocentrisme est en conflit avec la Bible, mais Galilée, pourtant chrétien, n'en a cure: *il parvient à opérer une remarquable distinction entre ses convictions théologiques et la pratique de son métier de scientifique*: « L'Intention du Saint-Esprit ... est de nous enseigner comment on va au ciel et non comment va le ciel ».

Il s'agit là d'une conception toute neuve. Auparavant, les écrits des anciens avaient force de loi, et on aurait taxé d'ignorant ou d'hérétique un scientifique dont les conclusions se

seraient opposées à tel ou tel texte d'Aristote, Horace, Virgile, Pline, Lucrèce... (par exemple, dans sa Quatrième bucolique, Virgile annonce une naissance : il s'agissait en fait du fils d'un ami, mais ces propos ont été récupérés par l'Eglise, qui a vu en Virgile un prophète prédisant la venue du Christ).

Galilée, lui, ne nie pas l'existence de ces écrits qu'il connaît par ailleurs fort bien. Tout ce qu'il affirme, c'est qu'il suffit de recourir à l'expérimentation pour se rendre compte que les écrits ne collent pas toujours avec la réalité. Un exemple : toujours avec sa lunette, Galilée découvre des montagnes sur la lune, il remarque les taches solaires. Ceci rend caduque l'idée aristotélicienne d'un monde lunaire pur, inaltérable, opposé à la corruption du monde terrestre. En corollaire, les observations du déplacement régulier des taches à la surface du Soleil lui permettent de conclure que cet astre effectue sur lui-même une rotation en 27 jours approximativement. Il s'agit là d'un argument en faveur de la rotation diurne de la Terre, car si le Soleil tourne, pourquoi la Terre s'en priverait-elle?

L'idée que la Terre puisse être en mouvement sans que nous nous en rendions compte (nous ne sommes pas projetés en arrière), est liée à un principe fondamental de la physique dû à Galilée, affiné plus tard par Descartes (1596—1650) : le *principe d'inertie*. Expliquons-le sur un exemple : si, du haut du mât d'un navire animé d'une vitesse horizontale constante, nous laissons tomber une pierre, cette dernière tombera sensiblement au pied du mât; en effet, pendant sa chute, la pierre continue à avancer horizontalement avec le navire. Les habitants de la Terre sont comme les voyageurs à bord du navire: pour eux, un obus de canon se mouvra de la même façon, qu'il soit lancé vers l'est ou vers l'ouest. Le principe d'inertie est décrit dans l'ouvrage « Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano » (Dialogue sur les deux principaux systèmes du monde, celui de Ptolémée et celui de Copernic), publié en 1632, et qui l'année suivante allait déclencher la tragédie du *Procès*.

DIALOGO DI GALILEO GALILEI LINCEO MATEMATICO SOPRAORDINARIO DELLO STUDIO DI PISA.

E Filosofo, e Matematico primario del
SERENISSIMO

GR.DVCA DITOSCANA.

Due ne i congressi di quattro giornate si discorre
sopra i due

MASSIMI SISTEMI DEL MONDO
TOLLEMAICO, E COPERNICANO;

Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali
tanto per l'una, quanto per l'altra parte.



IN FIRENZA, Per Gio:Batista Landini MDCXXXII.

CON LICENZA DE' SUPERIORI.

Al. Ex. S. Med. Ricordi: l'Autore

Frontispice du « Dialogue sur les deux principaux systèmes du monde » dans l'édition originale, en italien, de 1632 (Astronomie, vol. 8, Ed. Atlas, 1988)

Un autre aspect de la révolution galiléenne est le concept de mathématisation de la science. Nous avons déjà souligné les grands progrès mathématiques réalisés à la Renaissance. Chez Galilée, de qualitative, la science devient quantitative. Ainsi, dans son traité « Discorsi e dimostrazioni interno a due nuove scienze » (« Discours et démonstrations concernant deux sciences nouvelles »), publié en 1638, Galilée exprime la cinématique du mouvement uniformément accéléré, par exemple la chute libre :

« ...la grandeur de la vitesse croît le plus simplement possible en proportion même du temps et ... (car cela revient au même) en des temps égaux ont lieu des additions égales de vitesse ».

Il en déduit le théorème suivant :

« Si un mobile, partant du repos, tombe avec un mouvement uniformément accéléré, les espaces parcourus en des temps quelconques par ce même mobile sont entre eux en raison double des temps, c'est-à-dire comme les carrés de ces mêmes temps ».

Il ouvre ainsi la voie à une description continue du mouvement. (A comparer avec la vision finaliste aristotélicienne, où le mouvement est plutôt considéré selon ses deux extrémités, le point de départ et le point d'immobilité finale du corps en son lieu naturel.)

On imaginera mieux le chemin parcouru en donnant l'exemple suivant : pour la scolastique, un obus lancé d'un canon parcourt une trajectoire rectiligne qui s'incurve peu à peu sous la perte de son « impetus » (concept qui donnera naissance à la notion de *quantité de mouvement*) jusqu'à ce que, ayant épuisé ce dernier, il tombe à la verticale.

Nous avons sans doute du mal à imaginer l'audace de ces idées qui mèneront rapidement, avec Newton (1642—1727), au concept de loi scientifique.

« Comment les anciens comprenaient-ils la Loi ? »,

écrit Poincaré (1854—1912) dans « La valeur de la science ».

« C'était pour eux une harmonie interne, statique pour ainsi dire et immuable; ou bien c'était comme un modèle que la nature s'efforçait d'imiter. Une loi, pour nous, ce n'est plus cela du tout; c'est une relation constante entre le phénomène d'aujourd'hui et celui de demain; en un mot, c'est une équation différentielle ».

Dans l'ancienne science, le monde était chaos, sauf l'Histoire sainte. Renversement après la Renaissance : pour tout ce qui est science, le Livre de la nature se place au-dessus de la Bible. Harmonieuse et simple, la nature le sera jusque dans ses lois mathématiques (« simplex sigillum veri », le simple est signe de vérité) : Galilée croit déjà fermement en ce caractère artistique de la nature, qui finalement est un rescapé de la vision médiévale qualitative des choses.

Ce présupposé philosophique de simplicité s'est largement transmis jusqu'à nos jours. Essentiel dans l'œuvre d'Einstein (1879—1955), il gouverne encore nombre de recherches contemporaines en physique théorique.

Evolution de la perception de l'univers! Au moyen âge, les comètes apparaissaient chaotiquement, au gré des cataclysmes qu'elles étaient censées annoncer. Aujourd'hui, la trajectoire de ces mêmes objets est relativement bien connue grâce à la mécanique céleste, et depuis l'astronome Halley (1656—1742) on effectue communément des prédictions concernant le retour de tel ou tel de ces astres, dont les manifestations tiennent plus du ballet harmonieux que de la catastrophe sporadique. Foudroyant succès du rationalisme donc. Il est intéressant de signaler à ce propos que le rationalisme de Galilée, ainsi que sa méfiance envers les forces occultes, ont été tels qu'ils lui ont toujours interdit de voir une corrélation entre les phases de la lune et les marées terrestres. (Il interprète ces dernières par des théories assez embarrassées, y voyant paradoxalement une preuve de la rotation de la Terre autour du Soleil.)

La démarche expérimentale prend chez Galilée une allure différente, par sa complexité, de celle de ses prédécesseurs (qui étaient observateurs plutôt qu'expérimentateurs).

Un exemple. Dans les conditions de travail quotidiennes, tout corps lancé horizontalement, mettons sur la surface d'une table, finit toujours par s'arrêter. C'est ce que concluent Aristote et ses disciples, les péripatéticiens, avec la théorie des mouvements violents.

Le génie de Galilée a été de dépasser ce niveau de perception immédiate pour saisir les relations mathématiques profondes de la Nature (en pratique souvent masquées par des phénomènes parasites : friction sur les sol, résistance de l'air). Il imagine ensuite des procédures expérimentales sophistiquées permettant de les vérifier dans l'ensemble de leurs conséquences. L'expérience est ainsi une *question* que l'on pose à la nature, question formulée d'une manière réfléchie et bien calculée. C'est dans ce sens qu'il faut comprendre la *nature expérimentale de la physique*.



Frontispice du « Dialogue sur les deux principaux systèmes du monde » dans une édition hollandaise, en latin, de 1635. Les trois personnages représentés sont, de gauche à droite, Aristote, Ptolémée et Copernic.
(Galilée, naissance de la physique, Les cahiers de Science et Vie n°2, avril 1991)

En 1952, Einstein écrivait :

« On dit souvent que Galilée est le père des sciences naturelles contemporaines parce qu'il a remplacé les spéculations déductives par la méthode expérimentale. A mon avis, cette assertion ne tient pas debout. Il n'y a pas de méthode empirique sans concepts ni systèmes et il n'y a pas de pensée spéculative, qui, par une analyse plus attentive des concepts, ne finisse par révéler leur source, qui est un matériel empirique. Opposer de façon tranchante la déduction et l'empirisme est une erreur parfaitement étrangère à Galilée. Seul le XIXe siècle a vu apparaître des systèmes purement logiques (mathématiques) dont la structure ne dépendait pas d'un contenu empirique. De plus, les moyens expérimentaux dont disposait Galilée étaient si imparfaits que seule une spéculation hardie pouvait combler les lacunes des données expérimentales. On ne pouvait, par exemple, mesurer à cette époque un intervalle de temps inférieur à une seconde. Et quand Galilée oppose la méthode empirique au rationalisme, cela ne contrevient en rien à ce que nous disons. Galilée s'élève contre la déduction d'Aristote et des péripatéticiens quand les points de départ de cette déduction lui paraissent fragiles. Mais il ne reproche pas à ses adversaires d'employer la déduction. Dans la première journée du « Dialogo », Galilée souligne à maintes reprises qu'Aristote aurait rejeté la déduction la mieux établie, si elle avait été incompatible avec des faits établis par l'expérience. Pour Galilée lui-même, la déduction joue un rôle important : elle ne tend pas à accumuler les faits, elle tend à les comprendre. Mais comprendre, c'est tirer des conclusions à partir de systèmes logiques déjà connus. »

Voilà, brièvement résumés, quelques-uns des apports essentiels de Galilée à la science moderne. Que peut-on conclure de tout ceci? Voici quelques pistes de réflexion.

D'abord, il ne faut pas commettre l'erreur de juger l'ancienne science sur base de critères propres à la nouvelle. On éviterait peut-être une bonne partie de stériles débats en limitant le vocable « science » à son acception moderne. Selon cette définition, l'alchimie, l'astrologie ne sont pas des sciences.

Ensuite, les lois scientifiques sont largement idéalisées. Quand j'étudie le mouvement d'une bille sur un plan incliné, non seulement je dois me placer dans des conditions expérimentales parfois artificielles, comme nous l'avons vu ci-dessus, mais en plus je fais l'hypothèse de travail qu'une foule de perturbations extérieures au plan et à la bille, sont négligeables. Par exemple, je considère que deux ensembles de conditions initiales sont les mêmes, même si le rayon de l'univers a varié entre-temps. En fait, les conditions initiales ne sont jamais exactement identiques et toute dérogation à la loi pourrait ainsi facilement trouver son explication :

« comme on ne sera jamais certain de n'avoir pas oublié quelque condition essentielle, on ne pourra pas dire : si telles et telles conditions sont réalisées, tel phénomène se produira; on pourra dire seulement : si telles et telles conditions sont réalisées, il est probable que tel phénomène se produira à peu près » (Poincaré, La valeur de la science).

La nuance entre ce qui est essentiel et ce qui ne l'est pas, est du reste parfois subtile, comme nous le montrent les récentes théories sur le chaos (où, précisément, on étudie des systèmes extrêmement sensibles aux conditions initiales).

Quelles sont alors les limites de la science? On nous pardonnera un certain scepticisme lorsque des scientifiques prétendent réduire tout l'univers (y compris le commencement et la création) à quelques formules mathématiques, englobant ainsi les aspects philosophiques et religieux dans la science rationnelle. Un abus, selon nous, que Galilée n'a jamais commis.

Remarquons à cet effet l'importance que peut parfois tenir le langage dans l'entretien de certaines sources de confusion entre idées théologiques et idées matérialistes. Ainsi, l'anglais réserve deux substantifs différents pour le mot français « ciel »: « sky » pour le firmament et « Heaven » pour le Ciel chrétien. Il n'en va pas de même pour le français, mais aussi l'espagnol, l'italien, l'allemand et le néerlandais, qui assimilent les deux concepts en un seul mot (ce qui, bien sûr, n'exclut pas l'usage d'appellations spécifiques, comme « paradis »).

Un autre exemple de confusion causée en partie par le langage : le mot « chaleur ». On a longtemps — à tort — traité la chaleur comme une substance, simplement parce qu'elle était désignée par un substantif, et on l'a crue indestructible.

On comprend d'autant mieux que la physique ne puisse se passer de la langue mathématique. Une notion subjective (chaud, froid) qui ne peut se traduire en nombres n'est d'aucune utilité pour le physicien. Poincaré écrivait :

« un savant dont la peau serait absolument mauvaise conductrice de la chaleur et qui, par conséquent, n'aurait jamais éprouvé, ni sensations de froid, ni sensations de chaud, pourrait regarder un thermomètre tout aussi bien qu'un autre, et cela lui suffirait pour construire toute la théorie de la chaleur » (*La science et l'hypothèse*).

Nous terminerons par une question épistémologique importante : Galilée avait-il raison lorsqu'il soutenait que la Terre tourne *réellement* autour du Soleil ? (L'adverbe souligné est essentiel, car il constitue un des nœuds du procès avec l'Eglise.)

La physique, nous l'avons vu, n'a aucune prétention ontologique. Elle se contente d'établir des relations entre les phénomènes, c'est-à-dire des équations, traitant ainsi les « comment » et pas les « pourquoi ». La seule réalité objective qu'elle admet, ce sont les *rappports* des choses communs à tous les êtres pensants. Même les lois sont des conventions (non arbitraires), des créations de l'esprit. Par exemple, la « force de gravitation » de Newton a été remplacée par la « courbure de l'espace-temps » d'Einstein, concept complètement différent et pourtant tout aussi apte (plus apte même) à rendre compte des diverses observations et expériences. De plus, selon les idées actuelles, l'espace absolu n'existe pas : il est tout aussi légitime d'affirmer « le Soleil tourne autour de la Terre » que l'inverse. D'ailleurs, Galilée ne disposait d'aucun argument pour avantager le système de Copernic par rapport au système de Tycho Brahé (1546—1601), où le Soleil, entouré de son cortège de planètes, se meut autour d'une Terre immobile.

Alors, Galilée avait-il tort?

Nous ne pouvons faire mieux que citer une fois encore Poincaré, dans *La valeur de la science*, à propos des propositions « la Terre tourne » ou « la Terre ne tourne pas » :

« ...si l'une nous révèle des rapports vrais que l'autre nous dissimule, on pourra néanmoins la regarder comme physiquement plus vraie que l'autre, puisqu'elle a un contenu plus riche. Or à cet égard aucun doute n'est possible. Voilà le mouvement diurne apparent des étoiles, et le mouvement diurne des autres corps célestes, et d'autre part l'aplatissement de la Terre, la rotation du pendule de Foucault, la giration des cyclones, les vents alizés, que sais-je encore? Pour le Ptoléméen, tous ces phénomènes n'ont entre eux aucun lien; pour le Copernicien, ils sont engendrés par une même cause. En disant, la Terre tourne, j'affirme que tous ces phénomènes ont un rapport intime, et *cela est vrai*, et cela reste vrai bien qu'il n'y ait pas et qu'il ne puisse y avoir d'espace absolu. Voilà pour la rotation de la Terre sur elle-même; que dire de sa révolution autour du Soleil. Ici encore, nous avons trois phénomènes qui pour le Ptoléméen sont absolument indépendants et qui pour le Copernicien sont rapportés à la même origine; ce sont les déplacements apparents des planètes sur la sphère céleste, l'aberration des étoiles fixes, la parallaxe de ces mêmes étoiles. Est-ce par hasard que toutes les planètes admettent une inégalité dont la période est d'un an, et que cette période est précisément égale à celle de l'aberration, précisément égale encore à celle de la parallaxe? Adopter le système de Ptolémée, c'est répondre oui; adopter celui de Copernic c'est répondre non; c'est affirmer qu'il y a un lien entre les trois phénomènes et cela encore est vrai bien qu'il n'y ait pas d'espace absolu. Dans le système de Ptolémée, les mouvements des corps célestes ne peuvent s'expliquer par l'action de forces centrales, la Mécanique céleste est impossible. Les rapports intimes que la Mécanique céleste nous révèle entre tous les phénomènes célestes sont des rapports vrais; affirmer l'immobilité de la Terre, ce serait nier ces rapports, ce serait donc se tromper ».

En ce sens, Galilée avait vu juste.

Références

- E. Bloch, *La philosophie de la Renaissance*, Petite bibliothèque Payot n° 241, 1974.

- E. Garin, *La Renaissance*, Marabout université, 1964.
- A. Koestler, *Les somnambules*, Calmann-Lévy, 1960.
- B. Kouznetsov, *Galilée*, Mir, 1973.
- R. Locqueneux, *Histoire de la physique*, Que Sais-je? n° 421, Presses universitaires de France, 1987.
- E. Namer (présenté par), *L'affaire Galilée*, Collection archives, n° 58, Gallimard/Julliard, 1975.
- H. Poincaré, *La science et l'hypothèse*, Flammarion, 1968.

- H. Poincaré, *La valeur de la science*, Flammarion, 1970.
- P. Thuillier, *Galilée et l'expérimentation*, La Recherche n°143, 1983.

Trois ouvrages collectifs :

- *Astronomie*, volume 8, éditions Atlas, 1988.
- *Galilée, naissance de la physique*, Les cahiers de Science et Vie n°2, avril 1991.
- *Mouvements célestes*, Project Physics Course, tome 2, Holt, Rinehart et Winston (diffusion Vuibert), 1971.