Préface à la traduction française du livre de Semyon Grigorevich Gindikin, Horloges, pendules et mécanique céleste. Mathématiciens et physiciens de la Renaissance à nos jours

Michel Paty

Préface

Préface à la traduction française du livre de Semyon Grigorevich Gindikin, *Horloges, pendules et mécanique céleste. Mathématiciens et physiciens de la Renaissance à nos jours* (ouvrage traduit du Russe par Jean-Michel Kantor), Diderot éditions, Paris, 1995, p. 7-17.

Chacun se souvient des collections de livres qui ont enchanté nos enfances, intitulées *Contes de tous les pays*, ou *de toutes les régions*, ou même *de toutes les civilisations*. Il n' existe pas encore, à ma connaissance, de collection semblable *sur tous les penseurs*, par exemple, ou des *Contes et aventures de la pensée de tous les pays et de tous les temps*. Le beau livre de Semyon Grigorevich Gindikin, dont le contenu illustre à merveille le titre si bien choisi, *Contes de physiciens et de mathématiciens*, pourrait être le premier d'une telle collection, à l'usage des enfants de 7 à 97 ans et plus.

L'auteur est chercheur au laboratoire de biologie moléculaire et de chimie bio-organique de l'Université de Moscou. Son ouvrage est une reprise d'articles parus dans le magazine *Quant*., et s'adresse à des lecteurs ayant déjà une bonne culture, mais pas nécessairement très approfondie du point de vue scientifique ni, bien sûr de l'histoire des sciences, sur les sentiers de laquelle il se propose de les conduire. Publié sous forme de livre en russe en 1981, ré-édité en 1988, il fut traduit en anglais la même année chez Birkhauser (Bâle et Boston). Nous sommes heureux d'accueillir aujourd'hui sa traduction en français.

Il s'agit donc d'un livre de contes, comme son titre l'indique: des contes un peu particulier, il est vrai, puisqu'ils concernent quelques grandes figures de savants du 16è au 19è siècle qui ont contribué de manière décisive à renouveler les connaissances en mathématiques et en physique. Les événements décrits sont essentiellement des aventures dans la pensée, dont l'auteur nous fournit tous les éléments qui les rendent intelligibles, n'hésitant pas à proposer des descriptions précises du point de vue mathématique et physique, mettant l'accent sur l'aspect résolument novateur, voire audacieux, de l'approche choisie des problèmes auxquels les héros sont confrontés, de leur démarche, de leurs découvertes. Mais - c'est l'intérêt de mériter d'être des contes - ces événements sont vécus par des êtres humains, ce sont des aventures au sens propre, survenues dans le parcours d'une vie, dans la société d'une époque - une micro-société, souvent -, d'hommes avec leurs projets, leurs rencontres, leurs passions, leurs chimères.

Décidément, l'idée du conte pour narrer des histoires d'œuvres scientifiques est une riche idée: ce genre littéraire, appliqué comme ici avec talent, est éminemment propre à nous faire voir que la science aussi porte la dimension de l'humain. Car, avant de devenir un corps de connaissances abstraites et comme intemporelles où chacun peut venir puiser, mais qui par cela même donne une impression de froideur, elle surgit du travail de la pensée d'êtres singuliers, elle est création de formes nouvelles issues en vérité de la vie - car la pensée appartient à la vie -, formes idéelles inventées par des êtres pensants dont elles portent la marque du travail et du génie, avant de leur échapper pour être reprises en d'autres lieux, en d'autres temps, par d'autres êtres pensants, humains eux aussi, et connaître de nouvelles transformations, de nouveaux surgissements. Elle prend la forme d'un destin qui échappe, par ses significations, à celui qui avait cru la circonscrire. Tel résultat découvert semble un moment coïncider avec l'intention de son inventeur, qui ne fut en vérité que l'instrument de sa mise au jour - pourtant, dans un acte véritablement créateur -, mais très vite il lui échappe et son importance s'avère tout autre que ce à quoi celui-ci s'était attendu.

Ces contes sont véridiques, et le livre s'apparente par là à l'histoire des sciences. L'auteur attire cependant l'attention sur le fait qu'il a parfois reformulé les problèmes et les solutions pour les rendre plus faciles à comprendre pour les lecteurs d'aujourd'hui et qu'il ne faut donc pas prendre son livre à strictement parler pour un livre d'histoire des sciences: il invite le lecteur préoccupé d'exactitude à se reporter aux ouvrages de cette discipline, ou mieux encore aux textes: et comme il les indique en détail, avec leurs références, le travail est assez facile pour le néophyte. Il ne prétend en outre à aucune exhaustivité. S'il concerne des événements (de pensée) qui s'échelonnent de la Renaissance jusqu'au dix-neuvième siècle, il ne se propose aucunement de nous décrire toute cette tranche d'histoire: il nous en présente quelques moments, chacun organisé en récit, centré autour d'un héros principal, mais où d'autres personnages apparaissent, dont le nom, souvent, n'est pas inconnu du lecteur ; ils viennent progressivement tenir leur partie dans la scène reconstituée, reprenant vie à nos yeux qui ne les avaient connus que sous la forme abstraite et symbolique de noms propres couchés dans les livres de science.

Le choix des sujets est un peu au hasard, comme vient à un écrivain le thème d'une histoire, par l'inspiration, l'envie de raconter, suscitée par une situation, une idée, un personnage. Cependant, un plan d'ensemble préside à l'ouvrage: les moments choisis sont, chacun, significatifs d'une période différente (encore que l'on saute, après le dix-septième siècle, directement au dix-neuvième, avec Gauss, quand le dix-huitième est rempli de savants mathématiciens, *géomètres* et physiciens, dont l'œuvre n'est pas moins fondamentale, et dont les figures ne sont pas en reste d'être hautes en couleurs. Mais cela pourrait faire l'objet - pourquoi pas ? - d'un autre volume, *Contes de physiciens et mathématiciens à l'époque des Lumières*…). En tout cas, les personnages choisis sont indéniablement des pionniers, même Gauss, qui amorce un renouvellement décisif des diverses branches des mathématiques.

La première étape, sujet du premier conte intitulé l'*Ars magna*, est celle d'une inauguration: celle de l'accès des savants européens au premier rang dans les sciences, quand ils apprennent ou redécouvrent les mathématiques avancées, oubliées de l'Occident, des Grecs et de leurs successeurs, les Arabes: c'est seulement alors qu'ils parviennent à les dépasser en énonçant la solution des équations du troisième degré.

Voici donc cette œuvre de la Renaissance, l'*Ars magna*, et son auteur, Girolamo Cardano, mieux connu des mathématiciens français comme Jérôme Cardan - inventeur, par ailleurs, d'un procédé de supension dénommé après lui "à cardans" (procédé qui, semble-t-il, était déjà présent dans l'Antiquité; par ailleurs, Leonardo da Vinci avait décrit une boussole à suspension dans son *Codice Atlantico*). Girolamo Cardano, médecin, mathématicien, esprit encyclopédique, faisait aussi des horoscopes de personnalités, croyait à la magie, aux prémonitions, aux démons, et décrivait ses rêves. Citons, parmi ses ouvrages, son autobiographie, *De vita propria liber*, un *De libris proprii*, un *De subtilitate rerum,* qui eut un rôle en France durant tout le dix-septième siècle, pour la diffusion des connaissances sur la statique et l'hydrostatique, un *De rerum varietate*, un *Practica Arithmeicae generalis*: et l'*Ars Magna*.

C'est à Cardan que l'on doit l'idée, employée par Galilée dont il sera question dans le récit suivant, d'utiliser le poûls pour mesurer le temps. Il estimait le mouvement perpétuel impossible, et Pierre Duhem voit chez lui l'origine de l'idée de déplacements virtuels. Il remarqua, pour la première fois, qu'une équation du troisième degré du type $x^3 + ax^2 + bx + c = 0$ a trois racines réelles dont la somme est égale à *-a*., et montra dans son *Ars magna* la voie des développements ultérieurs de l'algèbre: cet ouvrage, au dire du grand mathématicien Félix Klein, contient les prémisses de l'algèbre moderne. D'autres personnages sont également très présent dans ce premier récit, tels Ferrari ou Tartaglia, auteur de la *Nuova Scienza* (1537), un autre titre qui marque son époque.

La deuxième étape nous est déjà plus familière, sous le titre "Deux contes sur Galilée". Elle concerne avant tout la loi de la chute des corps, la naissance de la mécanique et les premiers jalons vers le calcul infinitésimal, les découvertes astronomiques qui marquent le début d'un renouveau de cette science. C'est d'abord une belle histoire de la curiosité scientifique, qui rejoint celle d'autres grands penseurs - comme Spinoza ou Einstein qui nous ont eux-mêmes raconté leurs émerveillements d'enfants ou plutôt leurs étonnements, mathématiques ou physiques, qui les ont jetés sur la voie du questionnement, philosophique ou scientifique.

L'histoire est empruntée au récit qu'en fit Vicenzio Viviani, élève de Galilée, qui le recueillit de la bouche du savant lui-même, vers la fin de sa vie. A l'âge de vingt ans, observant le balancement des lustres dans la cathédrale de Pise, Galilée eut l'impression que le temps d'une oscillation était le même quelle que soit l'amplitude, et l'attribua au fait que la vitesse lui paraissait plus grande quand l'arc décrit est plus grand et plus incliné. Il fit ensuite des expériences pour vérifier cette idée, sur des pendules faits de balles de plomb (puis d'autres matières) suspendues à un fil, dont il fit ensuite varier la longueur. Il observa de la sorte l'isochronisme des petites oscillations, pour une longueur donnée, quels que soit le poids ou la densité des balles, et établit aussi une relation entre la longueur du pendule et la fréquence des oscillations. On voit ici comment d'une observation attentive surgit une idée et comment naît l'expérience contrôlée qui permet d'étudier méthodiquement le comportement du phénomène suivant chacune des variables du problème, ce qui permet ensuite de formuler une loi.

Une autre "belle" histoire de Galilée concerne son établissement de la loi de la chute des corps. Benedetti, étudiant de Tartaglia - l'un des personnages du conte précédent -, se proposa de réfuter l'explication donnée par Aristote, selon laquelle la vitesse de chute est proportionnelle au poids du corps: selon lui, elle était proportionnelle à la densité, ce que Galilée crut aussi longtemps. Benedetti avait observé également que la vitesse de chute libre augmente avec le mouvement du corps, et Galilée se proposa d'en trouver la loi mathématique. Par un argument de simplicité (la nature choisit les voies les plus simples et les plus aisées), il posa d'abord que la vitesse de chute est tout simplement proportionnelle à la distance. Mais il réalisa par la suite que cet argument conduirait à l'impossibilité du mouvement, par un raisonnement du type de celui de Zénon. Puis il s'aperçut que la bonne variable n'était pas la distance, mais le temps : le mouvement de chute des corps est uniformément accéléré par rapport au temps. Le choix du temps comme variable représente une innovation, à une époque où la mesure exacte du temps ne faisait pas partie des préoccupations des savants ni, d'ailleurs, comme les historiens nous l'assurent, de la société. Cela devait par la suite changer, en raison de ces événements et de cette innovation, et le nom de Huygens - héros du conte suivant - devait y être étroitement attaché.

Bien d'autres événements concernent encore Galilée, comme l'énoncé du principe d'inertie, qu'il concevait comme valide seulement pour la mécanique terrestre (sur le plan horizontal), mais non pour la mécanique céleste, où il gardait encore le mouvement circulaire comme naturel, ou ses travaux sur la chute des corps qui font apparaître la forme parabolique des trajectoires. Voici le moment d'une coïncidence étonnante et lourde de conséquences : en vérité, les coniques font leur apparition en relation aux mouvements des corps physiques, à la même époque et de deux manières indépendantes. Galilée montre comment les paraboles sont les trajectoires des corps qui tombent tout en étant animés d'une vitesse initiale. Johannes Kepler découvre, de son coté, que l'orbite de la planète Mars est une ellipse dont le Soleil occupe l'un des foyers, conclusion qu'il étend ensuite aux autres planètes. Or personne avant Newton ne rapprochera ces deux résultats, ces deux ordres de choses ! Galilée n'accepta pas les lois de Kepler et ne communiqua pas ses propres résultats à ce dernier, bien qu'ils aient échangé tous deux une correspondance suivie.

Quant à Kepler, il estima toujours que sa découverte la plus importante fut celle du "mystère" de la correspondance entre l'existence de six planètes et celle de cinq polyèdres réguliers (six sphères alternées avec les polyèdres, de telle façon que chaque sphère, mise en correspondance avec une planète, ait un polyèdre inscrit et un circonscrit), exposée dans son *Mysterium cosmographicum*. On sait aussi que Kepler fit l'hypothèse d'une attraction mutuelle entre les corps (tout en se trompant sur la forme de sa dépendance par rapport à la distance), et attribuait les marées à l'attraction de la Lune, tandis que Galilée refusait cette explication, qu'il renvoyait à l'astrologie, voyant quant à lui dans les marées la preuve du mouvement de la Terre.

Notons ici un trait illustrant la *passion* qui parait gouverner la recherche, plutôt que le calcul : après sa découverte, au début de 1610, des "lunes" de Jupiter, effectuée grâce à ses observations à l'aide de la lunette, Galilée délaissa ses études sur le mouvement des projectiles et sur la chute des corps entreprises depuis vingt ans : il ne les reprendrait que longtemps plus tard, préférant pour le moment se consacrer à l'astronomie où il venait de découvrir de nouveaux phénomènes, qu'il décrivit dans un livre au titre évocateur de ces étonnements magnifiques: *Sidereus nuncius*, *Le messager céleste.* Soit dit en passant, cette parenthèse fut en réalité une étape décisive, puisqu'elle conforta, ou peut-être même sucita, l'extension aux mouvements des corps terrestres de l'exactitude mathématique réservée jusqu'alors à ceux des corps célestes.

La troisième étape est consacrée à Christiaan Huygens, qui succède directement à Galilée aussi bien pour l'astronomie (il découvrit l'anneau de Saturne) que pour les travaux sur le pendule, les lois du mouvement, la jonction des préoccupations pour la théorie et la pratique, le rapprochement entre les mathématiques et la physique. Sa grande préoccupation fut, toute sa vie, de parvenir à la mise au point d'un chronomètre marin parfait, et c'est dans cette perspective qu'il pensa de nombreux problèmes, soit de mouvement des corps, soit de mathématiques, aboutissant à des résultats d'une grande nouveauté (pendules cycloides - courbes tautochrones -, développements des courbes, forces centrifuges, pleine expression du principe de relativité pour la mécanique classique, etc. , sans compter ses travaux de mathématiques qui préparent le calcul différentiel). De fait, il mena à leur terme les idées de Galilée sur l'isochronisme, en construisant une horloge à pendule en conformité avec les lois du mouvements et de la pesanteur (son ouvrage s'intitule *Horologium oscillatorum, sive de motu pendulorum ad horologia adaptato demonstrationes geometrica* ou *Preuves géométriques relatives au mouvement des pendules adaptés aux horloges*).

Entre ces grands noms, d'autres figures ne sont pas oubliées, qui eurent en fait un rôle irremplaçable à leur époque, tel le Père Marin Mersenne, religieux de l'ordre des Minimes, correspondant privilégié de tous les savants importants de son temps (la première moitié du XVIIè), agent incomparable de communication de l'un à l'autre, et dont l'activité requérait, comme Simon Gindikin le souligne, le don peu commun de comprendre rapidement les nouvelles connaissances et de savoir bien poser les questions.

La quatrième étape, quatrième conte, porte sur Blaise Pascal, prodige mathématique et "l'une des personnalités les plus étonnantes de l'histoire de l'humanité". Pascal, inventeur de la première machine à calculer, qu'il conçut pour soulager son père, Etienne Pascal, dans ses calculs d'Intendant de la province d'Auvergne, et auteur d'expériences sur la pression atmosphérique mettant en évidence l'existence du vide physique contre le dogme aristotélicien qui prétendait que "la nature a horreur du vide". Auteur encore d'expériences sur l'équilibre des fluides, dont les travaux, avec ceux de Galilée et de Stimon Stevin, fondent l'hydrostatique (loi de Pascal, concept de presse hydraulique, développement du principe des vitesses virtuelles). On connait ses travaux de jeunesse, par lesquels il retrouva, sans les avoir connues, toutes les propriétés des coniques. Il publia, en 1654, le *Traité du triangle arithmétique*. Ce dernier est connu comme "triangle de Pascal", soit, en notation moderne: $C_k^n = C_k^{n-1} + C_{k-1}^{n-1}$, où le symbole C_k^n désigne le nombre de combinaisons de k objets pris parmi n: : il obtint sa formule par "induction mathématique", opération de raisonnement formulée ainsi pour la première fois sous la forme qui nous depuis lors familière. Ses études sur la cycloïde (surface de la figure curviligne terminée par un arc, volume du solide de révolution correspondant, etc.), lui firent pratiquement anticiper, en 1658, le calcul différentiel : Leibniz aura connaissance, grâce à Huygens, de ces travaux. Simon Gindikin nous brosse un portrait de Pascal qui fait éégalement toute sa place à ses autres préocupations, religieuses et mystiques.

Le cinquième et dernier conte, dernière étape de ce parcours à travers la créativité scientifique, a pour héros Karl Friedrich Gauss, le “prince des mathématiciens”, qui vécut de 1777 à 1854. Eloigné des bibliothèques, ignorant presque tout de la littérature mathématique, il retrouve dans son jeune âge toute l’arithmétique de ses prédécesseurs, Fermat, Euler, Lagrange, Legendre. Gauss fut un des génies les plus prodigieux de l’histoire des mathématiques, mais aussi de l’astronomie (et donc de la physique mathématique). Simon Gindikin nous livre de nombreux éléments de son extraaordinaire inventivité, qui aboutit souvent à des résultats non publiés, en attente de l’ouvrage complet qu’il se proposait, mais dont de nouveaux centres d’intérêt le détournaient. Sa capacité de calcul défiait les meilleurs astronomes de son temps: c’est ainsi qu’il put calculer la trajectoire d’un petit corps céleste perdu puis, grâce à lui, retrouvé, l’astéroïde Cérès. Dans son ouvrage *Theoria motus corporum cœlestium* (*Théorie du mouvement des corps célestes, en mouvement autour du Soleil suivant des sections coniques*), publié en 1809, Gauss développe la méthode des moindres carrés, utilisée depuis lors pour le traitement des données d’observation (Simon Gindikin nous indique qu’il la connaissait en fait depuis 1794, et qu’elle fut publiée par ailleurs indépendamment par Legendre deux ans avant la parution de son propre ouvrage).

C’est en 1828 que Gauss fit paraître son mémoire fondamental sur la géométrie: *Disquisitiones generales circa superficies curvas*, qui porte sur la “géométrie intrinsèque” ou “interne” des surfaces, étudiant leur structure indépendamment de leur position dans l’espace. Il y introduit la notion de géodésique (ligne tendue épousant la forme de la surface), d’angles entre des géodésiques, de triangles et de polygones géodésiques (si la surface est déformée, la distance entre deux points est préservée, une géodésique reste une géodésique etc.), établit le lien entre la courbure et la somme des angles d’un triangle géodésique, et mentionne même la possibilité d’une surface de révolution à courbure constante négative (appelée plus tard pseudosphère, et dont Eugenio Beltrami montrera que sa géométrie intrinsèque est celle d’une géométrie non-euclidienne de Lobachevski).

Le lecteur apprendra aussi quelle fut la nature des recherches de Gauss relatives à la géométrie (impossibilité de démontrer le cinquième postulat d’Euclide), comment il pensa d’abord qu’il faudrait obtenir cette démonstration et comment, n’y parvenant pas, il commença à douter de la validité de la géométrie, c’est-à-dire, en fait, à considérer que la géométrie euclidienne n’était qu’approximative (comparable, quant à la certitude, non à l’arithmétique, mais à la mécanique), puis que d’autres géométries étaient possibles. Il se persuada peu à peu de rédiger ses recherches, sans toutefois les publier, considérant qu'elles ne parviendraient pas facilement à la perfection. Cependant, comme on le sait, il reçut en 1832 le mémoire de János Bolyai, *Appendix Scientiam spatii absolute*, publié en appendice à l’ouvrage de son père Farkas, et y trouva les idées qu’il avait lui-même mûries indépendamment de son coté. Il eut par la suite connaissance, en 1841, de l’édition en allemand des travaux de Lobachevski remontant à 1829. Ce fut l’un des drames de Gauss. Ce fut aussi celui du fils Bolyai, que la réponse de Gauss vexa et qui renonça à poursuivre ses recherches de mathématiques. Malgré tant de travaux non publiés de son vivant ou inachevés, l’oeuvre mathématique de Gauss apparait encore comme l’une des plus gigantesques de tous les temps.

Au terme de la lecture, on en vient à penser que les questions et les événements qui ont trait aux sciences n'ont rien à envier à ceux qui parfois pimentent la vie ordinaire et que l'on aime à qualifier d'"aventures". Elles nous laissent tout autant haletants, impliqués par ces destinées attachantes, certes, mais aussi captivés par les problèmes eux-mêmes, objets de ces péripéties. Ce sont, en vérité, des histoires de passions - passions d'idées -, souvent tragiques, en tout cas éclairantes - car telle est la fonction des contes - sur les dimensions inouïes et la complexité de l'humaine condition, qui comprend la faculté de créer des formes de pensée abstraites qui sont aussi solides que du réel et de s'en aider pour se représenter le monde. Elles nous interrogent, ce faisant, sur nos propres pensées et nos représentations, animées et embellies, et rendues plus signifiantes, par celles dont nous venons de lire l'histoire. Sur elles tu songeras peut-être, lecteur, à te hisser, pour tenter de voir encore plus loin, mais "comme des nains juchés sur des épaules de géants", pour reprendre le mot de l'un ces géants lui-même, Isaac Newton.

Michel Paty
Directeur de recherche au CNRS