

les rivières, les forêts, les champs, les villes, tout finit par se confondre. Les seules différences perceptibles résultent de la réflexion de la lumière solaire sur les montagnes et sur les plaines. L'observateur lunaire voit la Terre tachetée, tout comme le terrien perçoit la surface lunaire. Bruno explique ainsi les taches lunaires comme des phénomènes optiques, en accord avec les critiques de la tradition héritée d'Aristote. Une position sur laquelle s'aligneront, au début du XVII^e siècle, Kepler et Galilée.

C'est parce que nous sommes éloignés des autres corps célestes que nous

les percevons immuables. À Galilée d'ajouter qu'il n'y a aucune qualité dans les cieux qui ne puisse se retrouver sur Terre. Quant à Bruno, il affirmait déjà qu'il n'y avait aucun point de vue privilégié.

Aujourd'hui, nous admettons aisément qu'il suffirait d'une très légère modification des constantes physiques ou des lois de la nature pour que l'Univers ne soit habité d'aucun «peintre», tel que le définissait Bruno, qui puisse le représenter. Bruno mentionne ainsi, dans *De l'infini*, que la plus petite erreur au commencement cause à la fin de

grandes différences ; un simple inconvénient se multiplie progressivement et se ramifie en une infinité d'autres, comme d'une racine minuscule naissent de grandes structures et des branches innombrables. Ces phénomènes évoqués par Bruno dans *De l'infini* sont aujourd'hui bien connus des spécialistes sous le qualificatif de système dépendant des conditions initiales.

Pour Giordano Bruno, c'est Dieu, ou peut-être le Diable, qui se cache derrière ces infimes détails, lourds de conséquences. L'infime perturbation des conditions initiales modifie-t-elle notre vision du monde ou le monde en lui-même ? Bruno montre que, si l'on admet la pluralité des mondes et des univers, alors l'homme apparaît comme un observateur doué d'intelligence, appartenant à un univers à un moment précis de son évolution, sans possibilité de revendiquer un quelconque point de vue privilégié.

Le philosophe se retrouve alors face à la question de penser cette «identité». Bruno le savait bien : son univers sans limite ni horizon, sans les «murailles imaginaires» des sphères célestes, apparaissait chaotique et confus à celui qui croyait que la Providence divine avait placé toute chose au bon endroit. Toutefois, aux yeux de Bruno, ce bel ordre et cette échelle de la nature ne sont qu'un songe, un conte pour enfants. Peut-être est-ce aussi pour cela que Bruno finit sur le bûcher le 17 février 1600. On raconte que, durant son incarcération à Rome, il n'a eu cesse d'enseigner à ses compagnons de cellule que tous ces points lumineux que nous appelons les étoiles et qu'ils devinaient à travers l'étroite fenêtre de leur cachot formaient des mondes tout aussi complexes que le nôtre.

Giulio GIORELLO est professeur d'épistémologie à l'Université de Milan.

Giordano BRUNO, *Œuvres Complètes*, Les Belles Lettres, 1994, tome II, *Le souper des Cendres*, traduction de Y. Hersant, tome III, *De l'infini, de l'univers et des Mondes*, traduction J.-P. Cavaillé.

GALILÉE, *L'Essayer*, Les Belles Lettres, Paris, 1990.

Galilée, *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*, Éditions du Seuil, 1992.

G. AQUILECCHIA, *Giordano Bruno*, Les Belles Lettres, Paris 2000.

P.-H. MICHEL, *La cosmologie de Giordano Bruno*, Hermann, Paris, 1962.



2. L'ÉCHELLE DE JACOB extraite des «Chants royaux sur la Conception couronnée du Puy de Rouen» (début du XVI^e siècle). Ce manuscrit montre Jacob endormi qui rêve de l'échelle permettant d'accéder aux cieux. «Alors il vit en songe une échelle, dont le pied était appuyé sur la terre, et le haut touchait le ciel, et des anges de Dieu montaient et descendaient cette échelle.» À l'instar de Jacob, Giordano Bruno a gravi quelques marches d'une échelle : non pas celle qui menait au ciel, mais celle qui conduisait à la connaissance des cieux.

La science du mouvement au XVII^e siècle

MICHEL BLAY

À la fin du XVII^e siècle et au début du XVIII^e, les mathématiciens décrivent le mouvement et introduisent la notion de vitesse, en évitant les paradoxes qui résultaient de l'usage impropre et intuitif de l'infini.



Au V^e siècle avant notre ère, dans la ville grecque d'Élée, le philosophe Zénon bute sur un grave paradoxe quand il analyse le mouvement : pour atteindre un point donné, un mobile doit d'abord parcourir la moitié de la distance qui le sépare de ce but, puis la moitié de la distance restante, puis encore la moitié de la distance restante, et ainsi de suite à l'infini. Comment parcourir une infinité de moitiés en un temps fini ? Cet infini qui s'introduit dans l'analyse du mouvement troublera physiciens et mathématiciens jusqu'à la fin du XVII^e siècle. À cette époque, et au début du siècle suivant, la science du mouvement se clarifie enfin. Une partie notable des progrès est due au physicien français Pierre Varignon (1654-1722), qui publie plusieurs articles dans les *Mémoires de l'Académie royale des sciences*, autour des années 1700. Varignon se fonde sur les résultats mathématiques obtenus entre 1684 et 1686 par Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), puis par Isaac Newton (1642-1727) : ce «calcul différentiel et intégral» permet de déterminer mathématiquement la pente de la tangente à une courbe, ou l'aire entre

une courbe et un axe. L'utilisant, Varignon trouve une formule très simple, qui décrit le mouvement d'un corps sur lequel s'exerce une force, notamment dans le cas des forces centrales, c'est-à-dire des forces qui s'exercent entre un point, attracteur ou répulsif, et un mobile qui se déplace sur une droite.

L'impossible géométrie du mouvement

Comment le calcul différentiel a-t-il permis de résoudre les difficultés antérieures de la science du mouvement ? Pour le comprendre, revenons d'abord aux enjeux de la géométrisation de la science du mouvement au XVII^e siècle. Les physiciens voulaient alors comprendre les mouvements par des interprétations géométriques déductives, sur le modèle des *Éléments* d'Euclide. Les principales questions portaient sur la continuité des mouvements, sur leur début et sur leur fin. Comment expliquer la variété des mouvements accélérés ? Étaient-ils, comme l'avaient proposé certains philosophes, un mélange de mouvements et de repos ? Ces questions avaient troublé Galilée (1564-1642), Bonaventura

Cavalieri (1598-1647), Blaise Pascal (1623-1662) et d'autres savants du XVII^e siècle.

Dans une lettre adressée à Galilée en date du 21 mars 1626, Cavalieri souligne l'importance et la difficulté des problèmes posés, dans le cadre de la géométrisation, par le commencement et l'évolution continue du mouvement : «Lorsqu'on en arrive à devoir prouver que le mobile qui, du repos, doit passer à un degré quelconque de vitesse, [...] par les degrés intermédiaires, je ne trouve aucune raison qui me tranquillise, bien qu'il me semble que généralement il en soit ainsi.» La quête d'une raison qui tranquillise est à la fois un programme de travail et une attitude d'esprit ; c'est la volonté de comprendre le commencement et l'évolution continue du mouvement ; c'est aussi la volonté d'expliquer le mouvement par les mathématiques.

Cette étude est très difficile, car l'infini y apparaît immédiatement. Pascal le mentionne explicitement dans son petit traité intitulé *De l'esprit géométrique* : «Quelque prompt que soit un mouvement, on peut en concevoir un qui le soit davantage, et hâter encore ce dernier ; et ainsi toujours à l'infini,