

Infini, géométrie et mouvement au XVII^e siècle

Michel Blay*

Résumé: La géométrisation du mouvement au XVII^e siècle selon l'intelligibilité géométrique de l'époque se heurte à des difficultés liées à la considération de l'infini, au problème de la continuité du commencement de la fin du mouvement, et à la diversité des mouvements accélérés. Cet article examine les solutions proposées par Galilée, Descartes, Mariotte, et finalement Newton (pour la continuité) et Leibniz (pour le commencement).

Abstract: The geometrization of motion in XVII^e century according to geometrical intelligibility of the time (with difficulties related with considering infinity, the problem of continuity, the rising and the ending of motion, the variety of accelerated motions. This papers examines the solutions proposed by Galileo, Descartes, Mariotte and finally Newton (concerning continuity) and Leibniz (concerning the rising).

L'UN DES ASPECTS les plus novateur du développement de la science au début du XVII^e siècle consiste dans la géométrisation du mouvement. Par géométrisation il faut comprendre une démarche dont l'objet consiste à reconstruire les phénomènes du mouvement à l'intérieur du domaine de l'intelligibilité géométrique, de telle sorte que ces phénomènes se trouvent soumis à l'emprise de la raison géométrique et puissent être l'objet d'une mise en forme déductive sur le modèle des *Eléments* d'Euclide.

Cependant, cette entreprise ne va pas sans difficultés. Elle se heurte rapidement à des questions impliquant la considération de l'infini et, bien sûr, le retour des célèbres paradoxes de Zénon d'Elée (la dichotomie, l'Achille et la flèche). Comment peut-on penser la continuité d'un mouvement, le début et la fin d'un mouvement? Comment expliquer la variété des mouvements accélérés; doit-on avoir, comme le suggèrent certains atomistes, recours à un mélange de mouvement et de repos?

Autant de questions qui occuperont les savants du XVII^e siècle, Galilée, Bonaventura Cavalieri (1598-1647), Blaise Pascal, et qui ne trouveront fina-

* Directeur de recherche, CNRS, Ecole Normale Supérieure Fontenay-St.-Cloud - 31, avenue bombart 92266 - Fontenay aux Roses.



“Ecoutez-moi bien. Vous ne refuserez pas, je crois, de m’accorder qu’une pierre tombant de l’état de repos acquiert ses degrés successifs de vitesse selon l’ordre dans lequel ces mêmes degrés diminueraient et se perdraient, si une force motrice la reconduisait à la même hauteur ; et le refuseriez-vous que je ne vois pas comment la pierre, dont la vitesse diminue et se consume en totalité au cours de son ascension, pourrait atteindre l’état de repos sans être passée par tous degrés successifs de lenteur”⁴

Dans ce texte, Galilée souligne, comme Pascal, mais d’une façon plus précise, la continuité caractérisant selon lui la croissance ou la décroissance de la vitesse dans un mouvement naturellement accéléré. Ainsi dans un tel mouvement, comme le précise également Galilée dans les *Discorsi*, “un grave [...] ne demeure en aucun de ces degrés de vitesse pendant un temps fini” Ce qui revient encore à dire que, suivant Galilée, dans un mouvement accéléré ou retardé, un grave qui sort du repos ou qui y retourne passe par une infinité de degrés de vitesse dans un intervalle de temps qui, si petit qu’il soit, contient une infinité d’instants. En ce sens, le repos peut être considéré, non comme opposé au mouvement, mais comme une limite ou un cas particulier du mouvement.

Les problèmes soulevés par cette analyse de la continuité du mouvement, tout en rendant possible la géométrisation du mouvement, comme en témoigne le traitement galiléen de cette question dans les *Discorsi* ou dans le *Dialogo* (Florence, 1632), sont d’une extrême difficulté. En effet, s’il y a une infinité de degrés de lenteur pour atteindre le repos, ne faut-il pas un temps infini pour que ce mouvement puisse s’accomplir ou, plus exactement, pour que le mobile animé d’un tel mouvement s’arrête en passant successivement par tous les degrés de lenteur ? Et, à l’inverse, pour qu’un mouvement commence en passant successivement par tous les degrés croissants de vitesse ne faut-il pas, là aussi, un temps infini pour atteindre la moindre vitesse ? Dans un cas le repos est impossible à atteindre, dans l’autre c’est le mouvement qui ne peut, à strictement parler commencer. Or, bien évidemment, les mouvements commencent et finissent !

Que le mouvement commence et voilà les paradoxes de l’infini qui s’insinuent et semblent venir ruiner toute possibilité de penser la continuité du dé-

⁴ Galilée, *Opere*, VIII, p. 200. Traduction par Maurice Clavelin (*Discours concernant deux sciences nouvelles*, Paris, Colin, 1970, p. 133).

but et de la fin du mouvement. Une réponse consiste à rejeter l'idée d'un commencement non fini du mouvement ou plutôt de considérer que, par exemple, le mouvement de chute des graves commence, non pas à partir d'une vitesse nulle par accroissements successifs continus, mais à partir d'une vitesse petite mais finie. C'est ainsi qu'Edme Mariotte (1620?-1684) envisage la question. Dans son *Traitté de la percussion ou chocq des corps* publié à Paris en 1673, il refuse l'idée qu'un mouvement accéléré puisse l'être dès le premier instant. Son argumentation repose, bien évidemment, sur un rappel des difficultés engendrées par les paradoxes de Zénon sur l'infini, mais aussi, bien que le contexte infinitésimal y semble peu propice, sur diverses expériences en rapport principalement avec l'écoulement et la force des fluides:

“Galilée fait quelques raisonnements assez vraisemblables pour prouver qu'au premier moment qu'un poids commence à tomber, sa vitesse est plus petite qu'aucune qu'on puisse déterminer: mais ces raisonnements sont fondés sur les divisions à l'infini, tant des vitesses que des espaces passés, et des temps de chutes, qui sont des raisonnements très suspects, comme celui que les anciens faisaient pour prouver qu'Achille ne pourrait jamais attraper une tortue, auquel raisonnement il est difficile de répondre et d'en donner la solution ; mais on en démontre la fausseté par l'expérience, et par d'autres raisonnements plus faciles à concevoir. Ainsi l'on objectera à Galilée les raisonnements ci-dessus qui sont faciles à concevoir, particulièrement celui de la balance, et qui sont beaucoup plus clairs que les siens, qu'il a fondé sur les divisions à l'infini, qui sont inconcevables, et sur certaines règles de l'accélération de la vitesse des corps, qui sont douteuses: car on ne peut savoir si le corps tombant ne passe pas un petit espace, sans accélérer son premier mouvement, à cause qu'il faut du temps pour produire la plupart des effets naturels, comme il paraît lorsqu'on fait passer du papier au travers d'une grande flamme, avec une grande vitesse, sans qu'il s'allume; et par conséquent on doit préférer les raisonnements ci-dessus à ceux de Galilée”⁵

⁵ Mariotte, E., *Traitté de la percussion ou chocq des corps*, Paris, 1673, avertissement placé à la fin de la proposition X, p. 247-9.

Il devient donc possible d'éliminer l'infini au début du mouvement en considérant qu'il n'y a pas, aux sens strict, de début au mouvement. Dès le premier instant le corps est animé d'une vitesse très petite mais finie. De même le repos peut être atteint sans que le mobile passe par tous les degrés de lenteur ainsi que le propose, par exemple Hartsocker dans une lettre adressée à G.W. Leibniz en date du 6 janvier 1712:

“Il y a une loi dans la Nature, dites-vous, Monsieur, qui porte qu'il n'y a aucun passage *per saltum*. Je vous l'accorde dans un certain sens ; mais quand vous dites, que cette loi ne permet pas qu'il n'y ait point de milieu entre le dur et le fluide, je n'y vois aucune nécessité. Si vous ne saviez pas par l'expérience, Monsieur, qu'un corps qui se meut avec tout autant de vitesse qu'il vous plaira peut demeurer en repos dès l'instant du choc, sans perdre peu à peu et par degrés son mouvement, ne diriez-vous pas par votre loy que cela est impossible?”⁶

Descartes est également très prudent concernant l'accroissement continu de la vitesse lorsque les corps descendent et suggère, qu’“ordinairement”, ils ne passent pas par tous les degrés de vitesse. D'ailleurs en énonçant, dans la deuxième partie de ses *Principes de la philosophie*, ses lois du choc, dont la réforme va reposer entre autres, pour Leibniz, sur l'application de sa loi de continuité. Descartes se met précisément en contradiction avec les exigences de la continuité. Par l'expression de la première loi du choc, Descartes indique que “deux corps [...] exactement égaux et se (mouvant) d'égal vitesse en ligne droite l'un vers l'autre, lorsqu'ils viendraient à se rencontrer [...] rejailliraient tous deux également, et retourneraient chacun vers le côté d'où il serait venu, sans perdre rien de leur vitesse”, mais, si l'on suppose maintenant avec Descartes, respectivement dans les deuxième et troisième lois, que l'un des corps est “tant soit peu plus grand” ou qu'il a “tant soit peu plus de vitesse”, alors il n'y aura par la deuxième loi que le plus petit ou, par la troisième loi, que le plus lent qui rejaillira seul, de sorte que les corps iront après, dans un cas comme dans l'autre, tous les deux du même côté. Une telle analyse est en parfaite contradiction avec l'idée même de continuité, comme le souligne par exemple Leibniz en 1691-1692 dans ses *Animadversiones in partem generalem principiorum cartesianorum*⁷

6 *Die philosophischen Schriften von Leibniz*, Hrsg. Von CI gerhardt, Bd. 1-7, Berlin, 1875-1890, rééd Hil-desheim, 1960-1961, III, p. 531.

7 *Ibid.*, IV, p. 377.

Le traitement “à la façon” galiléenne de l’évolution “sans sauts”, “pau-
ses” ou discontinuités du mouvement apparaît au XVII^e siècle comme le résul-
tat d’un choix théorique risqué mais décisif car, comme Galilée l’a parfaitement
perçu, c’est la possibilité même de la géométrisation du mouvement qui est ici
en jeu. Le traitement géométrique du mouvement requiert de dépasser par la
construction rationnelle, mais avec les risques de l’infini, ce qui, chez Mariotte
relève d’une pseudo-évidence expérimentale qui n’apprend rien.

Deux exemples, l’un tiré des *Philosophiae naturalis principia mathematica*
(Londres, 1687) de Newton et l’autre de la *Théoria motus abstracti* (1678) de Leib-
niz, montreront, plus qu’une longue digression, en quel sens l’effort de géomé-
trisation passe par l’acceptation du rôle central de l’infini; la géométrisation est
d’abord une pensée marquée par le risque conceptuel.

I. Continuités et discontinuités newtoniennes

I.1. La Proposition II de la Section I du Livre II

Dans les trois premières Sections du Livre II Newton examine en par-
ticulier le mouvement des projectiles dans les milieux dont la loi de résistance
est proportionnelle à la vitesse, puis au carré de la vitesse, puis enfin à une com-
binaison des deux.

Nous limiterons notre propos, celui-ci n’étant pas de présenter la théo-
rie newtonienne dans toute son extension mais seulement de faire sentir les en-
jeux de la construction d’une physique mathématique, à la seule Proposition 2
relative au mouvement uniforme des projectiles dans l’hypothèse d’une résis-
tance proportionnelle à la vitesse⁸

“Si un corps éprouve une résistance en raison de sa vitesse,
et qu’il se meuve dans un milieu homogène par la seule force
qui lui a été imprimée⁹, je dis, qu’en prenant des temps égaux,
les vitesses au commencement de chacun de ces temps seront

8 Pour une analyse plus détaillée de cette question voir Michel Blay, *op. cit.*, note 1, p. 251 et ss.

9 Newton, I., *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, Paris, 1756-1759, traduction française de
la Marquise de Chastelet, réed. Paris, Blanchard, 1966, Gabay, 1989, p. 246. Cette traduction n’est
pas tout à fait exacte car le latin donne “... et idem sola *vi insita* per medium simile moveatur...”,
le corps se meut donc bien ici du fait de sa seule force d’inertie au sens newtonien.

en progression géométrique, et que les espaces parcourus pendant chacun de ces temps seront comme les vitesses.”¹⁰

Dans la première phase qui ouvre la démonstration, Newton s’attache principalement à conceptualiser, en s’appuyant sur le modèle de la percussion, le mode d’action des forces de résistance:

“Soit divisé le temps en particules égales (*particulas aequales*), et soit supposé au commencement de chacune de ces particules (*ipsis particularum initiis*) une force de résistance qui soit comme la vitesse et qui agisse par un seul coup (*impulsu unico*), le décrement de la vitesse à chacune de ces particules de temps sera comme cette vitesse.”¹¹

Newton suppose donc tout d’abord que le temps est divisé en particules égales¹² et qu’“au commencement”¹³ de chaque particule le temps la force de résistance agit “par un seul coup” A ce mode d’action discontinue de la force de résistance, Newton va substituer quelques lignes plus bas, comme nous le verrons, à l’aide d’un passage à la limite – sur le nombre et la grandeur des parties de temps d’un intervalle donné de temps – une action continue.

Par ailleurs, la force de résistance est, d’une part, conformément à l’hypothèse, “comme la vitesse”, et, d’autre part, étant la seule force en jeu et en raison des lois du mouvement, comme “le décrement de la vitesse à chacune des ces particules de temps”¹⁴ Par conséquent, puisque le mouvement perdu à chaque particule de temps l’est dès le commencement de cette particule de temps, la vitesse pendant chaque particule de temps devra être considérée comme constante et le mouvement uniforme; et donc, au début de chaque particule de temps, le décrement de la vitesse devra être, conformément à l’hypothèse, proportion-

10 *Ibid.*, p. 246.

11 *Ibidem.*

12 L’expression “particules de temps” désigne, comme cela est confirmé par la suite du texte, non pas un temps de petite durée, mais des parties de temps destinées à tendre vers zéro.

13 Cette expression a pour objet de préciser que l’action de la force a lieu de façon instantanée au commencement même de la particule du temps. On retrouvera un mode d’action identique de la force dans la proposition I de la section II des Livre I relative à la loi des aires.

14 Nous évitons ici, de faire explicitement référence à la loi II dans laquelle l’indication du temps est absente. Sur ce point on peut consulter Michel Blay, les *Principia de Newton*, Paris, PUF, 1995.

nel à la vitesse du projectile au cours de la particule de temps précédente, ou bien encore, la différence des vitesses (leur décrement) entre deux particules de temps devra être proportionnelle à la vitesse du projectile¹⁵. Newton ayant préalablement démontré dans le Lemme I, placé entre les Propositions 1 et 2 du Livre II, que “les quantités proportionnelles à leurs différences sont en proportion continue”¹⁶, parvient alors facilement à établir une relation caractérisant l'évolution de la vitesse, à savoir que “les vitesses au commencement de chacun de ces temps seront en progression géométrique”¹⁷. Cela étant, il précise que les particules de temps, constituant un certain intervalle de temps, peuvent être prises aussi petites que l'on veut et leur nombre être augmenté à l'infini, de telle sorte que de discontinue l'action de la force de résistance devient continue sans pour autant que soit modifiée la relation caractéristique d'évolution de la vitesse:

“Maintenant soient diminuées ces particules égales de temps, et soit leur nombre augmenté à l'infini, en sorte que l'impulsion de la résistance devienne continue (*eo ut resistentia impulsus reddatur continuus*); et les vitesses qui sont toujours en proportion continue dans les commencements des temps égaux le seront encore dans ce cas.”¹⁸

Dans ce texte l'usage du terme d'*impulsus* est révélatrice, à travers le passage du discontinu au continu, des difficultés conceptuelles qui sont attachées à la construction newtonienne du concept de force dans son acception d'action continue.

Cette continuité de l'action, obtenue par un passage à la limite se retrouve également dans le traitement newtonien de la loi des aires.

15 Si l'on appelle $v_1, v_2, v_3, v_4 \dots$ les vitesses du projectile “à chacune des particules de temps” égales, et $kv_1, kv_2, kv_3, kv_4 \dots$ la résistance exercée par le milieu au début de chaque particule de temps ;il s'ensuit que: $v_2 = v_1 - kv_1, v_3 = v_2 - kv_2, v_4 = v_3 - kv_3 \dots$

16 Le Lemme a pour objet d'établir que si.

17 d'après le résultat de la note précédente, nous avons.

18 *Ibid.*, p. 246-7.

I.2. La loi des aires

La Proposition 1 –Théorème 1 du Livre I stipule:

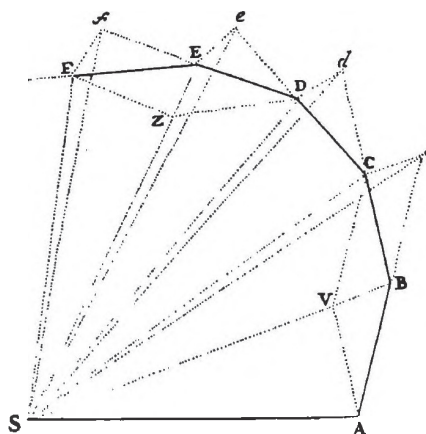
“Les aires, que les corps animés de mouvements curvilignes décrivent par des rayons menés au centre immobile des forces, sont incluses dans des plans immobiles, et sont proportionnelles aux temps.”¹⁹

Aucune précision n'est donnée par Newton sur le type de courbe plane décrit par le corps ; il n'est pas spécifié, en particulier, si cette courbe doit être fermée (Newton envisagera dans la Proposition 12 de la Section III le cas de l'hyperbole).

Puisque le corps décrit une courbe, une force, d'après la loi I, doit lui être continuellement imprimée. Newton suppose donc qu'une force centripète agit et que son centre est un point immobile et mathématique. Dans le cas où l'on aurait affaire à un point non plus mathématique mais matériel, Newton serait conduit à résoudre un autre problème, celui des deux corps, problème qui fait nécessairement intervenir la troisième loi du mouvement.

Dans cette Proposition 1, il faut donc démontrer tout d'abord que la trajectoire curviligne est plane, et ensuite que les “rayons – vecteurs” balaient des aires proportionnelles aux temps.

La difficulté de la démonstration réside principalement dans le traitement mathématique de l'action supposée continue de la force centripète. Comment rendre raison d'une action continue alors que la force imprimée est conceptualisée en s'appuyant sur le modèle fondamentalement discontinu de la percussion ou du choc?



¹⁹ *Ibidem*, traduction légèrement modifiée.

“Supposé que le temps soit divisé en parties égales, et que dans la première partie de ce temps, le corps, par sa force d’inertie, décrive la droite AB. De même, dans la seconde partie, si rien ne l’empêchait, il irait en ligne droite jusqu’à c (par la loi I) décrivant la ligne Bc égale à AB ; de sorte qu’en tirant au centre S les rayons AS, BS, cS, il se ferait des aires égales ASB, BSc.”²⁰

L’égalité des aires des triangles ASB et BSc découle de ce que ces triangles ont une base égale ($AB = Bc$) et une même hauteur (la perpendiculaire issue de S et tombant sur Abc). Cependant, loin de poursuivre son trajet rectiligne de B en c, suivant la loi I, le corps se dirige vers C.

“En vérité quand le corps parvient en B, la force centripète agit sur lui par un coup unique mais grand ([...] *impulsu unico sed magno* [...]) de sorte que le corps dévie de la droite Bc et continue suivant la droite BC.”²¹

Le temps étant divisé en parties égales, c’est au commencement de chacune de ces parties et de façon instantanée que la force agit comme dans la Proposition II du Livre II.

“Que l’on mène cC parallèle à BS et qui rencontre BC en C, et à la fin de la seconde partie du temps, le corps (par le Corollaire I des lois) se retrouvera en C, dans le même plan que le triangle ASB.”²²

La coplanarité du mouvement résulte de ce que cC est parallèle à BS et de ce que c est dans le plan défini par ASB. Le mouvement à force centrale est un mouvement plan.

“Joignez SC; et le triangle SBC, à cause des parallèles SB, Cc sera égal au triangle SBc, et aussi, de ce fait, au triangle SAB.

²⁰ *Ibidem*, traduction légèrement modifiée.

²¹ *Ibidem*.

²² *Ibidem*, traduction légèrement modifiée.

Par le même raisonnement, si la force centripète agit successivement en C, D, E, etc. faisant que le corps décrive en chacune des particules de temps, chacune des droite CD, DE, EF, etc. celles-ci se situeront dans un même plan [...].”²³

Ce premier point acquis, Newton en vient au second concernant l’expression de la loi des aires.

“[...] et le triangle SCD sera égal au triangle SBC, et SDE à ce même SCD, et SEF à ce même SDE. Donc, des aires égales seront décrites en des temps égaux, dans un plan immobile: et en composant ([...] *componendo* [...]) les sommes quelconques d’aires comme SADS, SAFS sont entre elles, comme sont les temps employés à les décrire.”²⁴

L’égalité des aires des différents triangles découle, comme précédemment, de ce qu’ils ont même base et même hauteur. A cette étape de la construction rationnelle, la continuité de l’action de la force et corrélativement l’engendrement de la courbe sont loin d’être acquis. En effet, ce qui est engendré par cette succession d’actions s’exerçant au début de chaque particule de temps, c’est un polygone de sommets A,B,C,D... Comment passer de cette figure polygonale à une figure curviligne engendrée par une action, supposée continue, de la force centripète?

“Que maintenant le nombre des triangles augmente à l’infini (*in infinitum*) et que leur ampleur diminue à l’infini, et leur périmètre ultime ADF (*ultima perimeter*), (par le Corollaire quatrième du troisième Lemme) sera une ligne courbe: et pour cette raison la force centripète, qui retire perpétuellement le corps de la tangente de cette courbe, agit sans interruption (*indefinitely*); quant aux aires quelconques décrites SADS, SAFS, toujours proportionnelles aux temps employés à les décrire, elles seront, dans ce dernier cas, proportionnelles aux mêmes temps.”²⁵

²³ *Ibidem*.

²⁴ *Ibidem*.

²⁵ *Ibid.*, traduction légèrement modifiée.

La proportionnalité des aires aux temps étant “toujours” réalisée, cette proportionnalité est conservée à la limite et, par conséquent, un mouvement à force centrale décrit nécessairement des aires égales, dans un même plan, et dans des temps égaux. C’est par un appel au Corollaire IV du Lemme III de la première Section, relatif à la convergence des suites de figures inscrites²⁶, que Newton introduit la courbure continue de la trajectoire et de cela conclut à une action “sans interruption” de la force centripète. On ne perçoit cependant pas très bien comment doit être comprise rigoureusement la relation entre “les coups uniques mais grands” et la force centripète agissant “sans interruption”. La tâche de la physique mathématique est loin d’être accomplie, il manque, à strictement parler, une analyse du continu dégagée des intuitions géométriques.

II. Le “commencement” leibnizien

Alors qu’il ne développera son calcul différentiel et intégral qu’en 1676, Leibniz rédige en 1670 une *Théorie du mouvement abstrait* (*theoria motu abstracti*) qui a essentiellement pour objet d’édifier une théorie a priori ou purement rationnelle du mouvement. Ce travail s’inspire de certains résultats mathématiques de Bonaventura Cavalieri exposé dans son célèbre écrit intitulé *Geometria indivisibilibus* publié à Bologne en 1635.

Dans sa *Théorie du mouvement abstrait* Leibniz considère que le mouvement est un continu, c’est-à-dire qu’il est “nullement entrecoupé de petits repos”, comme cela était parfois envisagé par les atomistes. Donc, en tant qu’il est continu, le mouvement, comme c’est d’ailleurs le propre du tout continu suivant Leibniz est, non seulement divisible à l’infini mais effectivement divisé, en ce sens qu’il y a des parties données en acte dans le continu” et que “celles-ci sont infinies en acte”. Cependant “il n’y a pas de minimum dans l’espace ou le temps”, car un tel minimum ‘implique contradiction’. En effet, dans ce cas, il y aurait autant de minima dans le tout que dans la partie puisque toute partie de même espèce que le tout est encore infiniment divisible. Leibniz échappe à cette contradiction en s’appuyant sur son interprétation de la méthode cavalierienne, méthode qu’il est conduit à envisager, plus préoccupé qu’il est ici sans doute par l’analyse du mouvement et des trajectoires que par les pures questions de

26 “Et par conséquent ces dernières figures (quant à leurs périmètres acE) ne sont pas rectilignes, mais les limites curvilignes des figures rectilignes” (*Ibidem*).

géométrie, sous l'angle de la composition du continu. Il introduit donc son concept d'indivisible: "Des indivisibles ou inétendus sont donnés, sans quoi ni le commencement, ni la fin du mouvement et du corps ne sont concevables" Que dire, en effet, comme on l'a vu précédemment, du "commencement" que ce soit celui d'un corps, d'un espace, d'une durée ou d'un mouvement sans retomber dans les paradoxes de Zénon?²⁷

Pour Leibniz un tel commencement appartient à l'espace, au temps, au mouvement sans pour autant être lui-même divisible. Comme on l'a vu la notion d'un commencement divisible est contradictoire. Il y a donc des indivisibles, constitutifs de l'espace, du temps et du mouvement, et cependant hétérogènes à ce qu'ils constituent. Ce faisant, Leibniz introduit alors des êtres mathématiques pour le moins surprenant que sont "le commencement du corps, de l'espace, du mouvement, du temps (à savoir le point, l'effort, l'instant)" C'est à Thomas Hobbes (1588-1679) que Leibniz emprunte en le transformant le concept d'effort pour en faire son indivisible de mouvement: "L'effort est au mouvement ce que le point est à l'espace, soit comme l'unité à l'infini, il est en effet le commencement et la fin du mouvement" Il existe donc un indivisible de mouvement, "l'effort", qui, d'un certain point de vue, bloque la régression à l'infini qui interdisait de penser le commencement ou la fin du mouvement.²⁸

Les tentatives pour penser mathématiquement l'engendrement du mouvement font immédiatement surgir l'infini ; penser la continuité du mouvement, son commencement ou sa fin c'est faire entrer l'infini dans le monde, en affirmant la présence. Dans cette perspective le projet de géométrisation retrouve, comme une conséquence inévitable et, non plus, sur le mode de la décision péremptoire, les thèses de Giordano Bruno présentées en particulier dans *De l'Infinito, universo e mondi* publié à Londres en 1584: "S'il est une raison pour qu'existe un monde bon et fini, un monde parfait et terminé, il est incomparablement plus raisonnable d'admettre l'existence d'un monde bon et infini. Par ce que là où le fini est un bien par convenance et raison, l'infini l'est par absolu nécessité."

27 Leibniz, G.W., *Sämtliche Schriften und Briefe*, Berlin, Akademischer Verlag, 1966, VI, II, p. 262 et ss.; voir également *Leibnizens mathematische Schriften*, Hrg. von CI Gerhardt, Bd 1-7, Berlin, Halle, 1849-1863, rééd. Hildesheim, 1960-1961 VI, p. 17-80.

28 *Ibidem*, p. 68.