

# L'expression leibnizienne et ses modèles mathématiques

VALÉRIE DEBUICHE\*

## I. INTRODUCTION: LA QUESTION DU MODÈLE MATHÉMATIQUE AU TRAVERS DE LA DOCTRINE LEIBNIZIENNE DE L'EXPRESSION

### 1.1. *L'expression leibnizienne et les mathématiques: Origines et exemples*

La notion "d'expression" traverse la philosophie de Leibniz dans presque tous les champs que le philosophe aborde: dans ses essais caractéristiques, dans ses travaux mathématiques, dans les principes de sa dynamique et au cœur de sa métaphysique. Elle intervient de façon centrale dans sa philosophie: philosophie de la plénitude prise dans des contradictions radicales, notamment quand il s'agit de rendre compte de l'union de l'âme et du corps, de la multiplicité des substances et de leur accord universel. Il revient alors à la notion d'expression de permettre de penser le monde à l'aune de la continuité propre au monde matériel en dépit de la discrétion fondamentale des substances, de leur pluralité et de leur infinité. Telle est donc la nature de l'expression, ou du moins sa place dans la philosophie de Leibniz: être ce par quoi sont liées entre elles des choses distinctes, voire hétérogènes. Ainsi, un corps exprime l'univers tout entier, chaque substance exprime son propre corps, chaque substance exprime l'univers, la substance exprime Dieu, les substances s'expriment mutuellement; mais aussi les actions de chacun expriment son âme, le monde exprime Dieu, l'effet tout entier exprime la cause pleine; ou encore le discours exprime les pensées et les vérités, une équation algébrique exprime un cercle, l'idée d'un cercle exprime le cercle, une ellipse exprime un cercle, etc. À l'œuvre à tous les niveaux de la pensée leibnizienne, l'expression demeure néanmoins une notion assez floue, bien plus souvent illustrée qu'explicitée. À cet égard, les mathématiques paraissent déterminer de façon conséquente le contenu même de la notion, tant par les exemples qu'elles fournissent que par les concepts que Leibniz transporte d'elles vers sa doctrine de l'expression.

---

\* Valérie Debuiche is Associate Researcher at SPHERE, CNRS/University of Paris 7–Denis Diderot.

En effet, de façon traditionnelle, l'expression est considérée à la lumière de la définition donnée dans le *Quid sit idea* de 1678,<sup>1</sup> assez tôt par conséquent dans la pensée leibnizienne. L'expression y est présentée comme une "analogie des rapports."<sup>2</sup> De ce fait, elle apparaît comme étant liée étroitement au concept mathématique de "proportion" ou encore de "similitude" (Leibniz, *Quid sit idea* [A 6-4:1371]) entre des rapports, à la façon de deux triangles semblables et pourtant de grandeurs différentes. Par ailleurs, elle surgit dans le corpus leibnizien après 1673, année des "grandes découvertes" du triangle caractéristique et de la méthode des métamorphoses.<sup>3</sup> Avant l'initiation parisienne de Leibniz aux mathématiques en 1672, le terme d' 'expression' n'est pas vraiment employé dans les textes de philosophie, même si des termes proches, ou du moins connectés à elle dans des textes ultérieurs, tels ceux d'harmonie, de correspondance, d'accord, de série, de point de vue, etc., apparaissent déjà. La *Confessio Philosophi* de 1673, par exemple, est habitée par des problèmes et des idées relatifs à l'expression, sans que, pourtant, jamais le terme 'exprimer' apparaisse. On y trouve les termes de 'série,' 'situation,' et 'correspondance,' et elle pose la question du fondement de "l'harmonie." Elle affirme sans la prouver cependant l'existence d'un passage entre la nature de la chose perçue comme harmonieuse: la création divine, et la nature harmonieuse de la chose qui perçoit cette harmonie: l'esprit.<sup>4</sup> Or, tous ces éléments ne trouvent leur pleine signification ou leur résolution que dans les doctrines de l'expression et de l'entr'expression. Sans elles, par exemple, le passage de l'harmonie de l'univers à l'harmonie de l'esprit qui le perçoit manque d'un fondement qu'elles lui offriront par ailleurs plus tard. De plus, les textes mathématiques de la période parisienne (1672–76) sont quant à eux parsemés d'occurrences explicites du terme 'exprimer'—comme nous allons le montrer. Aussi ce faisceau lexical permet-il de penser que l'origine de la notion d'expression est largement mathématique,<sup>5</sup> même si ses ramifications s'étendront, par la suite, au-delà du champ des mathématiques.

Enfin, à cette origine mathématique de la notion s'ajoutent les nombreuses illustrations mathématiques qui jalonnent les textes qui traitent de l'expression monadique: l'exemple de la projection perspective habite les présentations de l'activité expressive de la substance; la métaphore du centre ou encore celle du point de vue conçu comme *situs* précisent la position paradoxale de la substance réelle, entre singularité, expression de l'univers tout entier et entr'expression universelle; les conceptions de "loi de série"<sup>6</sup> ou "d'enveloppement" (Leibniz, PNG §13 [GP 6:604]), interviennent dans l'explicitation de l'activité dynamique de la substance. La fréquence absolument remarquable de ces exemples ou

<sup>1</sup>*Exprimere aliquam rem dicitur illud, in quo habentur habitudines, quae habitudinibus rei exprimendae respondent* (Leibniz, *Quid sit idea* [A 6-4:1370]).

<sup>2</sup>... modo habitudinum quaedam analogia servetur (Leibniz, *Quid sit idea* [A 6-4:1370]).

<sup>3</sup>Voir Hofmann, *Leibniz in Paris: 1672–1676*.

<sup>4</sup>*Consistet ergo felicitas in statu mentis quam maxime harmonico. Natura mentis est cogitare; harmonia ergo mentis consistet in cogitanda harmonia* (Leibniz, *Confessio Philosophi* 31 [A 6-3:116–17]).

<sup>5</sup>Voir notre article paru en 2011, Debuiche, "La notion d'expression et ses origines mathématiques," 88–117.

<sup>6</sup>"Que chacune de ces substances contient dans sa nature *legem continuationis seriei suarum operationum*, et tout ce qui luy est arrivé et arrivera" ("Leibniz an Antoine Arnauld, 30. März 1690," A 2-2:312).

métaphores permet alors de considérer que l'acception philosophique de la notion d'expression doit pouvoir se résoudre dans la ou les significations qu'elle prend dans le champ des mathématiques. Peut-on affirmer qu'il y a chez Leibniz l'application d'un modèle mathématique de l'expression dans le champ métaphysique? Sans doute. Peut-on tirer de cela que la dimension métaphysique de la notion d'expression se réduit à sa nature mathématique? Cela serait évidemment excessif et pose le problème de l'éventuel mathématisme de la philosophie leibnizienne.

### 1.2. *La question de la modélisation mathématique de l'expression leibnizienne*

Tout d'abord, et de façon très générale, ce n'est pas parce qu'une notion trouve son origine dans un champ disciplinaire qu'elle s'y restreint toujours. La notion leibnizienne d'expression n'échappe pas à la règle, même si la prégnance des modèles mathématiques par lesquels Leibniz en rend compte semble suggérer le contraire. Que la conception de la notion soit élaborée manifestement à l'occasion de certaines découvertes mathématiques est certes très significatif, mais insuffisant pour affirmer que la nature de la notion d'expression se trouve tout entière dans des modalités mathématiques. Ensuite, et comme l'affirme Michel Serres au §9 de l'Introduction de son *Système de Leibniz et ses modèles mathématiques* (1:62–70), même si l'on considère que les mathématiques de Leibniz sont un “modèle” pour sa métaphysique, cela ne suffit pas pour affirmer que sa métaphysique est totalement mathématique. Pour Serres, au contraire, si la mathématique leibnizienne est un modèle de la métaphysique, en tant qu'elle est une “image simple” (*Système de Leibniz*, 1:69) de la “complexité du réel ou de l'intelligible” (*Système de Leibniz*, 1:63), elle est aussi de ce fait même quelque chose qui est “affaibli par l'incomplétude des notions” (*Système de Leibniz*, 1:64). Elle propose un modèle, mais un modèle imparfait. Elle offre un modèle systématique, mais un modèle qui, en vertu de sa systématité même, est “partout dense dans le système général” dont il “constitue une ‘partie totale’,” dont il est “une région, mais une région systématisée comme le tout: c'est-à-dire qui peut aussi bien le systématiser qu'être systématisée par lui” (*Système de Leibniz*, 1:70). Ainsi mathématique et métaphysique se trouvent-elles unies dans l'analogie de leurs systèmes: elles se correspondent, l'une abstraite, l'autre concrète, d'une manière qu'il est possible et même souhaitable, pour Serres, de préciser si l'on veut pouvoir les appréhender l'une et l'autre d'une façon pertinente. Mais, pour cette raison, la mathématique ne peut pas suffire à rendre compte pleinement de la métaphysique en général, et de la doctrine de l'expression en particulier.

Et, en effet, il se trouve que l'hypothèse d'une fondation de la métaphysique leibnizienne—qui porte en son cœur la notion d'expression—dans la mathématique ne résiste pas à l'examen du corpus. Car la notion d'expression n'est explicitée par Leibniz, les rares fois où elle l'est, que dans des textes qui traitent des questions philosophiques des fondements de la connaissance humaine, de l'union de l'âme et du corps, ou de la nature de la création divine. Dans ces contextes métaphysiques, la notion apparaît effectivement comme fondamentale, puisqu'il est besoin d'en développer et éclairer la nature. Mais, dans le champ des mathématiques, la clarté et l'efficacité des méthodes la mettant en œuvre semblent

suffire à justifier son usage et ne requérir aucune élucidation de sa signification. Par exemple, quand Leibniz affirme dans le cadre de la quadrature arithmétique du cercle, que l'aire du quart de cercle de côté 1 est "exprimée" par la série  $\frac{1}{1} - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \frac{1}{11} + \text{etc.}$  ("Leibniz an Gallois, Ende 1675," A 3-1:356), il ne prend pas la peine de définir ce que peut bien être une telle "expression:" dans les mathématiques, elle trouve dans sa seule utilité sa justification et son sens. En revanche, au cœur de la métaphysique leibnizienne, où elle prend une place de premier ordre et où elle intervient dans la résolution de problèmes les plus importants, elle appelle des explications, des définitions, des illustrations. De ce fait, il paraît possible d'affirmer que la notion d'expression déborde les limites de ses usages mathématiques. Et cela semble prouver l'irréductibilité de la métaphysique aux mathématiques, voire le primat du système métaphysique sur le système mathématique.

Faut-il alors aller jusqu'à l'idée, comme le fait Gilles-Gaston Granger, qu'il existe chez Leibniz une forme d'exception du raisonnement et de l'invention conceptuelle qui en fait "l'un des très rares exemples d'une création mathématique qui, authentiquement novatrice sur bien des points, est associée dès son origine et tout au long de son histoire à des vues logiques et métaphysiques où elle trouve son impulsion initiale et l'orientation de son mouvement" (Granger, "Philosophie et mathématiques leibniziennes," 199–200)? Pour Granger, ce sont les intuitions, les questions et les découvertes philosophiques, c'est-à-dire logiques et métaphysiques, qui initient chez Leibniz des inventions mathématiques proprement novatrices, comme celle de l'*Analysis situs*. Celle-ci, en effet, trouve à son sens son fondement dans la pensée philosophique d'une "mathématique des formes" ("Philosophie et mathématiques leibniziennes," 216) et d'une métaphysique fondée dans la relation. Aussi, en plus de dépasser les mathématiques, la métaphysique pourrait les dominer, d'une part en les nourrissant de ce qu'elles ne peuvent tirer d'elles-mêmes, et d'autre part en dessinant par le biais de ses concepts les limites de l'invention mathématique leibnizienne.

Il ne s'agit cependant pas de discuter maintenant la démonstration de Granger, ni de la confronter avec la thèse de Serres. Mais il s'agit de révéler combien il est difficile de décider si et quand les mathématiques leibniziennes commandent sa philosophie, si et quand sa métaphysique détermine ses inventions mathématiques, si et quand elles sont à ce point intriquées qu'elles ne se distinguent pas aisément. Aussi n'est-ce pas la légitimité d'une éventuelle modélisation mathématique de la métaphysique leibnizienne qui est en question. Plus modeste, car moins fondamentale, mais plus précise, car plus particulière, nous paraît être, dans un premier temps, la question de la portée des apports conceptuels des travaux mathématiques pour saisir la notion d'expression, parce que celle-ci est souvent illustrée, imagée, explicitée, et exprimée par le biais d'éléments mathématiques. C'est alors seulement dans un dernier temps et en conclusion (section 6) que nous aborderons la question de l'éventuel débordement des concepts mathématiques par les thématiques métaphysiques de la création divine et de la monadologie, et que nous envisagerons les limites inévitables d'une explicitation de l'expression en les termes 'd'analogie des rapports' quand on veut saisir pleinement les ressorts de l'expression intra- et inter-monadique.

Dans cette perspective, il est nécessaire de présenter, de façon précise, ce que les travaux mathématiques élaborés entre 1672 et 1679, assez tôt par conséquent dans la pensée leibnizienne, permettent de penser de la notion d'expression, puisque les éléments que ces travaux révèlent sont employés dans les textes philosophiques contemporains et postérieurs. Dans un premier temps (section 2), nous exposerons la projection perspective, exemple souvent considéré par Leibniz lui-même comme un modèle remarquable pour penser la notion d'expression: une chose en exprime une autre comme les sections coniques expriment le cercle dont elles sont les projetées perspectives. Puis, dans un deuxième temps (section 3), nous étudierons les séries infinies et le calcul différentiel. En effet, Leibniz évoque la "loi de série" pour rendre compte de l'activité expressive de la monade, or cette notion se trouve également au cœur des travaux du philosophe sur les séries, notamment infinies. Ce sont d'ailleurs ces travaux qui initient sa quadrature du cercle et participent à la constitution de son calcul différentiel. Et ces différentielles elles-mêmes, comme entités infinitésimales, portent en elles quelques-uns des éléments métaphysiques de l'expression monadique conçue comme la représentation repliée mais dynamique du monde, selon l'image du "miroir vivant de l'univers." Enfin, un troisième temps (section 4) sera consacré au Calcul des Situations, puisque la fréquence de l'image du "point de vue" de la monade ne convoque pas seulement le modèle perspectif, mais aussi la géométrie novatrice initiée en 1677 et développée dès 1679 de l'*Analysis situs*. Géométrie des relations de situations mutuelles, elle résonne avec la forme métaphysique de l'entr'expression du monde leibnizien et elle donne à en penser quelque chose, jusque dans les éléments qui la rendent irréductible à la monadologie dans sa plénitude. Enfin, nous reprendrons (section 5) les apports de ces différentes conceptions mathématiques pour appréhender le système de la monadologie.

## 2. LA PROJECTION PERSPECTIVE: UN MODÈLE PRIVILÉGIÉ DE L'EXPRESSION

### 2.1. *La projection perspective, les sections coniques et l'expression*

Leibniz utilise fréquemment le modèle perspectif pour illustrer l'expression de l'univers par la monade, et de façon générale l'expression d'une chose par une autre:

Est dit exprimer une chose ce en quoi il y a des rapports qui répondent aux rapports de la chose à exprimer. Mais ces expressions sont variées; par exemple le modèle exprime la machine, le dessin perspectif le volume sur un plan. . . . (Leibniz, *Quid sit idea*, A 6-4:1370/*Recherches générales*, 445)

Une chose exprime une autre (dans mon langage) lorsqu'il y a un rapport constant et réglé entre ce qui se peut dire de l'une et de l'autre. C'est ainsi qu'une projection de perspective exprime son Geometral. ("Leibniz an Antoine Arnauld, 9. Oktober 1687," A 2-2:240)

Il suffit en effet pour l'expression d'une chose dans une autre qu'il existe une loi constante des relations par laquelle les éléments singuliers de la première pourraient être rapportés aux éléments singuliers qui leur correspondent dans la seconde, tout comme un cercle peut être représenté par une ellipse, c'est-à-dire par une courbe ovale dans une projection en perspective, et même par une hyperbole bien que

cette courbe lui soit plus dissemblable et qu'elle ne revienne pas sur elle-même, car à tout point de l'hyperbole peut être assigné par la même loi constante un point correspondant du cercle dont elle est le projeté. (Leibniz, *Sur le principe de raison*, C 11 / *Recherches générales*, 476–77)<sup>7</sup>

L'exemple perspectif appartient au champ mathématique de la méthode projective, telle qu'elle est initiée par les peintres et les sculpteurs du Quattrocento. La perspective est en effet d'abord une pratique qui se trouve devenir une méthode géométrique grâce aux travaux, entre autres, de Girard Desargues, Blaise Pascal, Abraham Bosse, et Philippe de la Hire.<sup>8</sup> Le cône est déterminé par un point fixe, son sommet, et par un cercle à l'infini, le cercle générateur. Les figures coniques sont obtenues par la projection de ce cercle sur un plan qui "coupe" le cône, d'où l'appellation de "sections coniques." Si le plan de projection est perpendiculaire à l'axe du cône (droite qui part du sommet et rencontre le centre du cercle générateur), alors la figure obtenue est un cercle à distance finie du sommet, qui est le projeté du cercle à l'infini. Si le plan passe par le sommet sans rencontrer le cône, on obtient un point, sinon on obtient un angle rectiligne. S'il est tangent au cône, on obtient une droite. S'il est parallèle à deux génératrices du cône (droite passant par le sommet du cône et par un point du cercle à l'infini), on obtient une hyperbole. S'il est parallèle à une génératrice, on obtient une parabole. Enfin, dans tous les autres cas, on obtient une ellipse.



Figure 1. Ellipse



Figure 2. Parabole

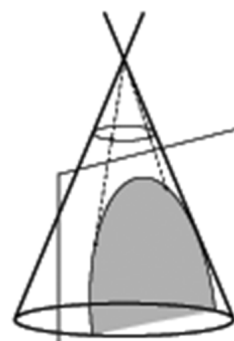


Figure 3. Une des deux parties de l'hyperbole

<sup>7</sup>Ces trois citations sont celles à partir desquelles Mark A. Kulstad et Chris Swyer élaborent leurs analyses relatives à la notion d'expression leibnizienne dans leurs articles: Kulstad, "Leibniz's Conception of Expression," 58 ; et Swyer, "Leibnizian expression," 66.

Ces articles constituent quelques-unes des rares occurrences dans le commentaire leibnizien d'une analyse détaillée de la notion d'expression, pour et par elle-même. On peut consulter aussi l'ouvrage de Benson Mates dans lequel il développe le rapport privilégié que l'expression possède avec le raisonnement (Mates, *The Philosophy of Leibniz: Metaphysics and Language*). Dietrich Mahnke s'intéresse également, mais de façon succincte, à la notion d'expression telle qu'elle est développée par Pascal et Leibniz (Mahnke, *Unendliche Sphäre und Allmittelpunkt*). Robert McRae défend la thèse de l'isomorphisme de l'expression (McRae, *Leibniz: Perception, Apperception and Thought*). Martine de Gaudemar lui consacre un article (Gaudemar, "Exprimer"). Enfin, Gilles Deleuze en propose une analyse séduisante mais problématique dans la conclusion de son *Spinoza et le problème de l'expression* (299–311). Voir également notre thèse de Doctorat: Debuiche, "La notion d'expression chez Leibniz."

<sup>8</sup>Sur l'émergence de la méthode géométrique en perspective, voir Andersen, *The Geometry of an Art: The History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge*.

Leibniz prend connaissance de ces travaux, au moins indirectement du *Brouillon Project* de 1636 de Desargues et directement et complètement du *Traité sur les coniques* de 1654 de Pascal.<sup>9</sup> Il nous faut maintenant analyser ces textes, puisque Leibniz ne produit lui-même au sujet de la perspective que quelques manuscrits, de surcroît encore inédits. Néanmoins, en dépit de cette “lacune” de la production leibnizienne, la prégnance de l'exemple perspectif le fait à bon droit apparaître comme un “paradigme” de la notion d'expression, ainsi qu'on le trouve notamment dans les articles de Mark A. Kulstad et Chris Swoyer.<sup>10</sup>

Quels sont alors les éléments du modèle perspectif qui influent sur la conception leibnizienne de la notion d'expression? Les articles de Kulstad et de Swoyer divergent à ce propos. Pour Kulstad, une chose en exprime une autre lorsqu'il existe une fonction de la chose exprimant dans la chose exprimée, qui fait qu'à tout élément de la chose exprimant, on peut rapporter un et un seul élément de la chose exprimée. Ainsi ce sont des ensembles d'éléments associés à l'une et à l'autre des deux choses qui sont reliés par une relation fonctionnelle:

X expresses Y according to relation R if and only if  $(\exists W)(\exists Z)$  (W is a set associated with X and Z is a set associated with Y and  $R^*$  is a function which maps W into Z). (Kulstad, “Leibniz's conception of expression,” 74)

Pour Swoyer, d'une façon différente, une chose en exprime une autre, parce qu'il existe entre ces deux choses une “relation de corrélation,” par laquelle des propriétés de la chose exprimée sont préservées dans la chose exprimant. Il s'agit alors d'une préservation de structures sous une certaine relation donnée:

My interpretation of Leibniz's general account of expression is that one thing expresses a second just in case there is a structure-preserving mapping from either to the other. It is a consequence of my interpretation that one thing can express another even if they have only a little structure in common. (Swoyer, “Leibnizian expression,” 82)

Ces différences d'interprétation dans les analyses de Kulstad et de Swoyer recouvrent d'une certaine manière les différentes conceptions de la nature et de la genèse des sections coniques chez Desargues et Pascal. En cela elles se trouvent légitimement fondées dans la pensée de Leibniz lui-même, puisque les conceptions de ce dernier sont grandement influencées par les travaux arguésiens et pascaliens, ainsi qu'il le reconnaît avec une honnêteté teintée d'admiration:

*Desarguesius et Pascalius filius . . . universalis Conicorum demonstratione complecti, qua et harmonia sectionum Coni apparet, et proprietates communes observarentur, et constructiones problematum quae in his lineis efficienda proponuntur, fierent universales.* (Leibniz, *De Constructione*, A 6-3:415)<sup>11</sup>

<sup>9</sup>En 1676, Leibniz en copie la première partie, aujourd'hui unique trace de ce texte: voir Pascal, *Generation Conisectionum*, 38–42. Voir également l'imprimé de 1640 qui nous est parvenu par Leibniz: Pascal, “Essai pour les coniques,” 35–37.

<sup>10</sup>Mark A. Kulstad affirme: “When [Leibniz] explains various kind of expression, he regularly uses geometrical examples. . . . This suggests that Leibniz takes geometrical expression to be a paradigm case of expression” (“Leibniz's conception of expression,” 62n19). Chris Swoyer écrit, dans le même sens: “The perspectival projection of a conic section onto a plane is Leibniz's favorite example of expression, but there are reasons to think that he regards it as something more, namely, as the very paradigm of expression” (“Leibnizian Expression,” 68).

<sup>11</sup>Traduit par Javier Echeverría, “Leibniz, interprète de Desargues,” 284.

Au-delà des qualités heuristiques de la méthode projective, lesquelles se peuvent retrouver dans les travaux caractéristiques de l'auteur et, notamment, dans la thèse selon laquelle les mots "expriment" les pensées et les pensées "expriment" les vérités grâce à une forme d'analogie des rapports,<sup>12</sup> ce qui nous intéresse est l'évocation par Leibniz d'une "harmonie" des sections coniques. Le terme 'd'harmonie,' en effet, ne peut pas être "in-signifiant" (dans un sens littéral) alors même que Leibniz en fait un emploi récurrent dans sa philosophie, de ses toutes premières thèses aux textes les plus tardifs.<sup>13</sup> Et son usage ici, au moment où Leibniz évoque les travaux de géométrie projective de ses prédécesseurs, semble justifier que nous considérions que, chez Leibniz, sont liées sa conception géométrico-perspective de l'expression et sa philosophie, puisque celle-ci est fondée dans l'harmonie. Aussi, à cet égard, il nous semble judicieux de présenter précisément la manière dont Leibniz reçoit les travaux de Desargues et Pascal, et explicite l'influence qu'ils ont pu avoir sur sa propre conception des coniques, et donc de l'expression.

## 2.2. *Les travaux de Desargues et de Pascal*

Le *Brouillon Project* de Desargues présente deux innovations majeures. La première est l'absence de différence spécifique entre les droites parallèles et les droites concourantes.<sup>14</sup> Elles sont toutes deux définies par leur point de concours, qui se trouve à l'infini pour les droites parallèles et à distance finie pour les droites non-parallèles. Cette conception correspond d'ailleurs aux règles de la représentation picturale perspective dans laquelle les droites parallèles sont représentées comme des droites concourantes sur le tableau, à la condition que le tableau ne leur soit pas parallèle (auquel cas, elles sont également parallèles, ainsi que le sont les lignes horizontales d'un damier). La seconde innovation consiste en la considération des différentes coniques comme étant toutes les sections d'un rouleau, c'est-à-dire d'un cône dont le sommet est à distance infinie.<sup>15</sup> Ainsi conçues, les coniques ne se distinguent plus en genre les unes des autres: l'absence d'un sommet à distance finie produit en effet une uniformité de la forme cylindrique et la projection du cercle générateur demeure la même (droite, cercle, ellipse, parabole, hyperbole, selon l'angle d'inclinaison du plan de projection), quelle que soit la position du plan de projection sur l'axe du cylindre. Ce n'est pas le cas avec le cône, puisque la projection du cercle générateur varie en grandeur selon la position du plan de projection, jusqu'à devenir un point quand le sommet du cône est dans le plan de projection (sans que celui-ci coupe le cône).

<sup>12</sup>Leibniz écrit dans son *Dialogus* de 1677: "Car bien que les caractères soient arbitraires, . . . des différents caractères exprimant les mêmes choses" (Leibniz, "Correspondance et responsabilité dans la philosophie des signes: Analyse critique du *Dialogus* de 1677," 106 [A 6-4:23]).

<sup>13</sup>On le trouve déjà en 1666 dans le *De arte combinatoria* (A 6-1:163-230), puis dans la correspondance du jeune Leibniz avec son maître Thomasius (*Leibniz-Thomasius: Correspondance, 1663-1672* [A 2-1]). On le retrouve évidemment dans les textes très célèbres de 1714 de la *Monadologie* (GP 6:598-606) et des *Principes de la nature et de la grâce fondés en raison* (PNG, GP 6:607-23), ainsi que dans la correspondance que Leibniz entretient avec le Père des Bosses à la fin de sa vie (*Lettres à Des Bosses*, 75-209 [GP 2:291-521]).

<sup>14</sup>"Pour donner à entendre de plusieurs lignes droictes, . . . *but* de l'ordonnance de ces droictes" (Desargues, *Brouillon Project*, 100).

<sup>15</sup>"Quand le point immobile de cette droicte . . . qui contient des sousgenres" (Desargues, *Brouillon Project*, 133).

De ces deux innovations vient que les coniques possèdent une nature au moins en partie identique puisque, toutes, elles sont les transformées projectives les unes des autres en raison de leur appartenance commune au cylindre. Néanmoins, toutes les propriétés des coniques ne sont évidemment pas préservées des unes aux autres, et il est évidemment incorrect d'affirmer qu'un cercle est en tous points identiques à une ellipse. Aussi l'identité des coniques ne tient-elle qu'à celles de leurs propriétés qui sont invariantes par projection perspective et que les mathématiciens modernes nomment les "propriétés projectives." En l'occurrence, chez Desargues, il s'agit des propriétés dérivant de la relation d'involution, c'est-à-dire des propriétés relatives aux pôles et aux polaires, et donc aux tangentes. Dans ces conditions, il suffit de démontrer ces propriétés pour le cercle, qui est la figure la plus simple, pour qu'elles soient également vraies pour l'ensemble de toutes les autres coniques.<sup>16</sup> La démonstration gagne alors en efficacité et en facilité, ce qui aux yeux de Leibniz est d'ailleurs la marque indubitable de l'excellence heuristique.

Les travaux de Pascal sont largement inspirés de ceux de Desargues auquel il reprend le concept de points à l'infini et l'identification des droites parallèles et concourantes.<sup>17</sup> Néanmoins, les deux géomètres ne considèrent pas de la même façon l'invariance qui œuvre dans la projection. Pascal se concentre sur la relation d'incidence qui existe entre les droites génératrices du cône et les points du cercle générateur, plutôt que sur la relation d'involution. Alors, toute section conique est considérée, non comme la coupe du rouleau arguésien, mais comme la figure constituée par l'ensemble des points de rencontre de chacune des génératrices avec le plan de projection. Par exemple, Pascal décrit la genèse de l'ellipse en ces termes:

Si le plan du tableau ne passe pas par le sommet et n'est parallèle à aucune génératrice, c'est-à-dire à aucun rayon, et par conséquent engendre une antobole, il est manifeste que tous les points de la circonférence projettent leurs images sur le plan du tableau de la section conique à distance finie. (Pascal, "Generatio Conisectionum," 40)<sup>18</sup>

<sup>16</sup>Par exemple, pour démontrer le théorème dit "théorème de Desargues sur l'involution," il suffit d'en donner la démonstration pour le cercle. Dans son *Brouillon Project*, Desargues énonce ce théorème s'énonce comme suit: "Quand en un plan, à quatre poincts B, C, D, E . . . d'une involution IK, PQ, GH, & LM . . ." (*Brouillon Project*, 143). Le terme 'bornes' désigne les points de la courbe qui sont aussi les sommets du quadrilatère BCDE et celui de 'bornales' désigne les droites passant par deux de ces bornes.

En des termes modernes, cela donne: Soit un quadrilatère complet BCDE inscrit dans une conique, soit une transversale coupant les droites opposées du quadrilatère (BE) et (CD) en X et X', (BD) et (CE) en Y et Y', et la conique en M et M', alors les couples de points ainsi construits sont en involution. (On appelle "quadrilatère complet" la figure constituée par quatre points, trois à trois non alignés, et par les six façons de relier deux à deux par des droites ces quatre points.)

On dit que quatre points A, B, C, D sont "en involution" quand leur birapport

$$(ABCD) = \frac{\overline{AC}}{\overline{AD}} \times \frac{\overline{BD}}{\overline{BC}} = \frac{\overline{CA}}{\overline{CB}} + \frac{\overline{DA}}{\overline{DB}} \text{ est égal à } -1.$$

<sup>17</sup>Pascal reconnaît de bonne grâce la dette qu'il a à l'endroit de Desargues: "M. Desargues, un des grands esprits de ce temps, . . . sa méthode sur ce sujet" (Pascal, "Essai pour les coniques," 36).

<sup>18</sup>"Antobole" est le nom que Pascal donne à l'ellipse parce qu'elle est une courbe qui se replie sur elle-même, contrairement à la parabole et à l'hyperbole qui peuvent être considérées comme se refermant sur elles-mêmes, mais en un point à l'infini pour la parabole, et en deux points à l'infini pour l'hyperbole.

Les autres sections coniques sont définies de la même façon, par la manière dont les points du cercle générateur sont projetés sur le tableau, suivant la relation d'incidence qu'ils ont avec les génératrices: un point et son projeté appartiennent tous deux à la même génératrice. Dans une telle conception, lorsque le plan de projection est parallèle à une des génératrices, le point de rencontre entre ce plan et la génératrice est considéré comme existant pourtant, mais à l'infini. Cela vaut également dans le cas de l'hyperbole: quand le plan de projection est parallèle à deux génératrices, ce sont alors deux points du cercle générateur qui sont projetés à l'infini.

L'élément central de cette façon de concevoir la projection perspective—comme réalisée point par point—tient à ce que l'existence des points à l'infini permet de poser, dans tous les cas, l'invariance par projection perspective de l'incidence chaque point de la conique avec une génératrice du cône. Pascal généralise cette invariance de la relation d'incidence à toute incidence qui met en œuvre les points des coniques. Alors même qu'il n'en donne pas vraiment de démonstration, il affirme ainsi que toute droite sécante au cercle générateur se projette en une droite sécante à la section conique, éventuellement en un point à l'infini (dans le cas de la parabole) ou selon une droite à l'infini (dans le cas de l'hyperbole). Pour l'ellipse, cela est plus simple:

Si le plan coupant la surface conique engendre une antobole, toutes les droites qui coupent la circonférence du cercle projettent leurs images sur le plan de la section conique, et par conséquent ces images coupent l'antobole en deux points. (Pascal, "Generatio Conisectionum," 41)

De façon plus particulière, Pascal affirme, sans davantage de démonstration, l'invariance de la propriété pour une droite d'être tangente à une conique, éventuellement en un point à l'infini. Pour la parabole, l'invariance de la propriété d'être tangente est explicitement formulée:

Il y a donc sur la parabole une droite manquante qui joue vraiment le rôle d'une tangente, puisqu'elle est l'image d'une tangente. (Pascal, "Generatio Conisectionum," 41)<sup>19</sup>

Ainsi il suffit de projeter une tangente pour affirmer que l'image est elle-même une tangente. Une telle affirmation est certes intuitive, mais pas évidente, d'autant que ce qui nous est parvenu des travaux de Pascal ne permet pas de penser qu'il ait procédé autrement que par analogie pour fonder une telle généralisation de l'invariance de la relation d'incidence.

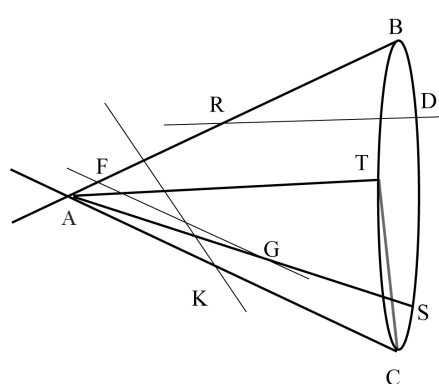
Par conséquent, ce qui apparaît dans ces travaux est l'importance que Pascal confère aux propriétés relatives à l'incidence, qu'il s'agisse de l'incidence des droites génératrices du cône et des points du cercle générateur ou des points de la figure qui est sa projetée, ou qu'il s'agisse de l'incidence des droites avec le cercle générateur dans le plan même de ce cercle (ce qui renvoie aux droites sécantes et aux droites tangentes) et de l'incidence correspondante (dans le plan

<sup>19</sup>Cette citation reprend la scholie qui suit immédiatement la proposition suivante au sujet de la parabole: "Si le plan du tableau engendre une parabole, . . . l'image du point de contact sur la circonférence" (Pascal, "Generatio Conisectionum," 41).

de projection) des images projetées des droites avec l'image projetée du cercle. À cet égard, la conception pascalienne de la nature du cône et de ses sections comme projections perspectives du cercle générateur est essentiellement centrée autour de la relation de correspondance ponctuelle du cercle générateur avec sa figure projetée. Et, en cela, elle est rejointe par la lecture ensembliste que Kulstad fait du modèle perspectif de l'expression: une chose en exprime une autre parce qu'il existe entre les éléments de l'une une relation constante qui permet de rapporter chacun de ces éléments à un élément de l'autre.

### 2.3. La réception par Leibniz des conceptions arguésienne et pascalienne

La conception pascalienne de la projection perspective revêt un intérêt particulier pour Leibniz qui rédige quelques notes sur le traité des coniques de Pascal (Costabel, "Notes de Leibniz," 90-101). La compréhension qu'il présente des travaux de son prédécesseur met en avant l'avantage qu'il trouve à la continuité qui existe alors entre les coniques, puisque certaines apparaissent comme les cas-limites des autres.



- HK: Plan de l'ellipse.
- FG: Plan de la parabole.
- RD: Plan de l'hyperbole.
- BCD: Cercle générateur du cône, à l'infini.
- AB, AD, AE: Verticales du cône ou génératrices.
- A: Sommet du cône.
- AS et AT: Verticales parallèles à RD, diamétralement opposées.

Figure 4. Schéma inspiré de Leibniz et Tschirnhaus

Ainsi, par exemple, quand le plan de projection est parallèle à deux génératrices très proches, la figure projetée est une hyperbole. Mais elle devient une parabole quand ces deux génératrices sont infiniment proches:

[Si] les deux génératrices AT, AS ont une distance infiniment petite ou coïncident en un extrême ou en une génératrice comme AC... alors l'hyperbole dégénère en parabole. (Costabel, "Notes de Leibniz," 93)

De la même façon, Leibniz montre comment on peut également passer de l'ellipse à la parabole, si la distance entre le plan de projection et l'une des deux génératrices devient infinie (c'est-à-dire si le point de rencontre de cette génératrice avec le plan de projection est à distance infinie du sommet du cône). La parabole est alors conçue comme le cas intermédiaire entre l'ellipse et l'hyperbole:

De même l'ellipse dégénère aussi en parabole, lorsque AK est infinie et AH finie.  
(Costabel, "Notes de Leibniz," 93)

Cette possibilité d'un passage à la limite témoigne d'une identité de nature des coniques entre elles, puisqu'elles sont produites par une seule et même loi de transformation, point par point, du cercle générateur. Mais elle révèle également la multiplicité infinie des coniques, puisqu'elles sont obtenues par la variation continue de l'inclinaison du plan de projection. Ainsi considérées, les sections coniques, en tant que continûment transformées les unes à partir des autres, offrent le modèle d'une expression par laquelle une infinité de choses distinctes entre elles sont cependant rapportées les unes aux autres dans une unité représentée par l'unicité de la loi de projection. Dans le passage de la variation à la variété joue alors toujours l'infinité. Soit l'infinité apparaît par le biais des droites parallèles, définies comme sécantes à l'infini, qui permettent de "compléter" l'espace de projection par des points qui manquaient et qui sont désormais considérés à l'infini. Soit l'infinité se déploie au contraire dans un infiniment petit, puisque Leibniz (et non Pascal lui-même) considère que deux droites infiniment proches, entre lesquelles aucune distance n'est assignable, peuvent être considérées comme une seule et même droite, fondant leur identité dans l'infinitésimalité de leur différence. Ainsi, la corrélation de la continuité de la transformation perspective avec une infinité, que Leibniz n'hésite pas à employer en dépit de sa relative nouveauté mathématique, dessine le cadre au sein duquel la multiplicité indénombrable des différentes coniques peut se concilier avec l'unité de leur genre.

De plus, Leibniz trouve exemplaire la façon dont la connaissance des coniques peut être unifiée, puisque la projection perspective fait varier les figures en même temps qu'elle les rend congruentes.

Par cette manière optique de traiter, si l'on découvre un théorème particulier du cercle ou dans le cercle, on a aussitôt un répondant donc dans les autres sections coniques, grâce à cette considération, et on résout aussi des problèmes tels que mener des tangentes, etc. (Costabel, "Notes de Leibniz," 97)

En effet, la fixité du sommet du cône et l'unicité du cercle générateur à l'infini produisent les conditions de possibilité d'une comparaison des coniques entre elles, par la préservation d'un ordre commun dans des éléments pourtant différents les uns des autres, tels une ellipse, un angle rectiligne ou une parabole. C'est l'influence de Desargues et la lettre même de son *Brouillon Project* dans lequel le terme de 'correspondance' apparaît explicitement qui se manifestent cette fois-ci, plus que l'héritage de Pascal:

Cette démonstration bien entenduë s'applique en nombre d'occasions & fait voir la semblable generation de chacune des droictes & de poincts remarquables en chaque espece de coupe de rouleau, & rarement une quelconque droicte au plan d'une quelconque coupe de rouleau peut avoir une propriété considerable à l'égard de cette coupe, qu'au plan d'une autre coupe de ce rouleau la position & les proprietes d'une droicte correspondante à celle-là ne soit aussi donnée par une semblable construction de ramée d'une ordonnance dont le but soit au sommet du rouleau.  
(Desargues, *Brouillon Project*, 147)

Dans la projection perspective, la loi de transformation peut être vue comme ce qui règle un certain rapport entre des propriétés d'une chose et d'une autre. Or ces propriétés sont elles-mêmes des rapports qui existent entre des éléments au sein de chacune de ces choses. Aussi la projection perspective se conçoit-elle comme une transformation qui préserve des rapports et fonde par conséquent entre ces rapports une "analogie." Surgit alors, dans le cœur même de la géométrie projective, ce modèle perspectif par lequel Leibniz explicite très fréquemment comment une chose en exprime une autre: par une "analogie des rapports" qui permet la connaissance d'une chose par une autre, de l'exprimé par l'exprimant ou de l'exprimant par l'exprimé,<sup>20</sup> ainsi que Chris Swoyer l'a, pour sa part, développé dans son article, notamment quand il évoque la "correlating relation" (Swoyer, "Leibnizian Expression," 70) qui fonde la possibilité de la connaissance de la chose exprimée par celle de la chose exprimant.

Indéniablement, donc, la méthode perspective mise en place par Desargues et Pascal par laquelle les sections coniques sont appréhendées d'une manière si nouvelle suscite dans l'esprit fertile de Leibniz la conception, sinon première du moins rafraîchie et éclairée, d'une nouvelle modalité de la connaissance (générale et simplifiée) et de la relation (qui se préserve et se transforme). Elle propose également une manière de rapporter une infinité à une unité, à l'instar de l'infinité des sections coniques qui expriment toutes le cercle générateur, dans une identité de nature qui se concilie pourtant avec les différences irréductibles des coniques les unes par rapport aux autres. Dans une certaine mesure, ce sont des éléments analogues qui interviennent dans la genèse par Leibniz de son calcul différentiel (qui voit le jour vers 1675) et dans sa quadrature du cercle (réalisée grâce à l'invention d'une méthode nouvelle des métamorphoses en 1673). De façon plus précise, les séries infinies (dont celle de la quadrature du cercle) et les différentielles proposent indéniablement une manière de penser le rapport de l'unité à l'infinité propre à illustrer l'expression leibnizienne, comme nous le montrerons.

### 3. LES SÉRIES INFINIES ET LES DIFFÉRENTIELLES

En ce qui concerne les travaux sur les séries infinies et les différentielles, Leibniz n'est pas seulement le spectateur, certes avisé, qu'il est devant les innovations de la méthode projective. Il est aussi un acteur efficace, qui s'essaie avec enthousiasme et succès aux séries, qui invente d'une manière géniale le calcul différentiel. Dans son texte rétrospectif de l'*Historia et origo calculi differentialis* écrit en 1714 (Leibniz, GM 5:392–410/*Historia et origo*, 58–98), soit une quarantaine d'années après sa découverte du calcul différentiel, Leibniz—pour se défendre contre l'accusation

<sup>20</sup>Il n'est en effet pas évident que l'expression soit réellement douée d'un sens, dans le sens où elle constituerait toujours une relation de connaissance qui irait de l'exprimant vers l'exprimé. Si dans le cas de la projection perspective, l'ellipse est l'exprimant et le cercle l'exprimé, on voit que la connaissance va de l'exprimé vers l'exprimant, puisque ce sont les propriétés démontrées pour le cercle qui permettent de connaître les propriétés de l'ellipse. En revanche, dans le cas de l'expression par une équation algébrique d'un cercle, c'est cette fois-ci l'exprimant qui permet de connaître l'exprimé. Il semble cependant suffisant pour dire d'une chose qu'elle en exprime une autre que l'une permette de connaître quelque chose de l'autre.

de plagiat que les Newtoniens portent à son endroit relativement à l'invention du calcul différentiel—retrace ce qui le conduit de ses travaux combinatoires à l'invention des calculs infinitésimal puis intégral, et de sa lecture des travaux de Pascal sur la roulette et la cycloïde à l'invention de la méthode des métamorphoses (à l'aide du triangle dit "caractéristique") et à l'élaboration d'une quadrature du cercle. La continuité de ces deux inventions que sont les séries et le calcul différentiel apparaît explicitement, puisque le texte de l'*Historia et origo calculi differentialis* s'achève dans l'affirmation de leur connexion.<sup>21</sup> Aussi choisissons-nous de présenter ensemble ces deux inventions, d'autant plus qu'elles ont toutes deux pour particularité de mettre en œuvre un emploi de l'infini, audace théorique et méthodologique de Leibniz qui marque la distance irréductible qui existe entre l'analyse cartésienne et les mathématiques leibniziennes, et qui fonde également la singularité de sa philosophie dans laquelle il parvient à concilier la finitude et l'infinité, notamment grâce à l'expression.

### 3.1. *Les séries infinies*

Leibniz consacre de nombreux textes à la quadrature du cercle. En de multiples occurrences, il affirme que la série infinie  $1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \frac{1}{11} + \dots$  exprime d'une manière exacte ou encore suffisante la grandeur finie  $\pi/4$  (qui correspond à l'aire du quart de cercle dont le rayon est l'unité). Il écrit notamment dans une Lettre à La Roque datée de 1675,

Quadrature Arithmétique est, qui exprime la grandeur de la figure proposée par un rang infini de nombres rationaux ou commensurables à une grandeur donnée, ce qui suffit pour l'Arithmétique lorsqu'on ne le sçauroit faire par un nombre rationel fini car l'Arithmétique ne connoist les grandeurs irrationels qu'autant qu'elle les peut exprimer par les rationels soit finis, soit infinis." ("Leibniz an La Roque, 1675," A 3-1:345)

Leibniz considère donc qu'une série qui exprime exactement une grandeur est une expression remarquable en ce qu'elle rend possible une connaissance parfaite de la chose exprimée. Cet exemple nous intéresse puisque Leibniz présente par lui les conditions de l'exactitude d'une expression qui sont aussi, au moins dans ce cas, les conditions de la perfection de l'expression. Et, en raison de l'origine mathématique de la notion d'expression, nous pouvons à bon droit juger que de telles conditions contiennent en elles des indices propres à saisir la nature de l'expression en général, car ce qui rend l'expression mathématique parfaite doit pouvoir révéler, au moins en partie, quelques éléments de la nature de l'expression en général.

Ce qui paraît significatif, dans les séries et, en particulier, dans celle de la quadrature du cercle, est la présence conjointe d'une opération qui va à l'infini et d'une raison qui reste pourtant toujours la même. Dans l'exemple de la série  $\frac{1}{1} - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \frac{1}{11} + \dots$  etc. qui exprime  $\pi/4$ , la raison de la série, encore appelée "terme général," est

<sup>21</sup>"Lorsqu'il se mit à découvrir le calcul différentiel, . . . trouver le sinus, ou le sinus de l'arc complémentaire" (*Historia et origo*, 82 [GM 5:404]). Dans ce texte, Leibniz parle de lui-même à la troisième personne du singulier.

$\frac{(-1)^k}{2k+1}$ , puisque la série infinie peut aussi s'écrire suivant la formule suivante:  $\sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{2k+1}$ .

Que la quadrature du cercle fasse apparaître une raison de la série qui soit rationnelle et simple satisfait Leibniz au plus haut degré, comme en témoigne la citation précédente. Cela ne tient pas seulement à ces raisons d'élégance et de concision qu'il évoque par ailleurs souvent quand il s'agit de déterminer la valeur de ses résultats ou de ses méthodes mathématiques. Il considère aussi dans ce cas que c'est parce que la raison de la série est connue avec certitude et facilité et, surtout, de façon générale, que l'expression peut être considérée comme exacte. Dans la Lettre à Gallois de la fin de l'année 1675, Leibniz présente explicitement l'avantage que présente la quadrature arithmétique du cercle (par rapport à une quadrature mécanique, c'est-à-dire connue par approximations successives) comme résidant tout entier dans l'existence de ce terme général:

J'appelle Quadrature Arithmétique, lors qu'une figure curviligne peut estre exprimée par un rang infini de nombres; elle n'est pas Geometrique, car je ne pretends pas décrire un carré égal au Cercle; mais elle est plus que mechanique, par ce qu'elle donne, outre l'approximation, la raison véritable et exacte, du Cercle au Carré circonscriit, ou de la Circonference au Diametre autant qu'on peut esperer de la donner en nombres rationaux. ("Leibniz an Gallois, Ende 1675," A 3-1:356)

En effet, l'approximation demeurerait si l'on ne pouvait jamais connaître et additionner les termes de la série que les uns après les autres, et même si cela se faisait les uns relativement aux autres (le  $n$ -ème terme connu par une relation au  $[n-1]$ -ème terme). Mais la "généralité" de la raison offre quant à elle la possibilité de la totalisation de la sommation, sans laquelle l'expression ne parviendrait pas à l'exactitude: dans son unicité, la raison contient en elle tout ce qu'il faut connaître pour pouvoir avoir de  $\pi/4$  une connaissance parfaitement exacte. De plus, si la rationalité du terme général intervient dans l'aisance de la connaissance, ce n'est cependant pas elle qui la fonde dans son exactitude. Celle-ci serait tout aussi exacte si la raison de la série n'était pas rationnelle, mais si elle était connue. Aussi la perfection de la connaissance, et donc de l'expression, fait-elle intervenir cet autre élément remarquable du terme général de la série infinie: une sorte de "loi" que la généralité de la raison implique.

Car, en raison de son infinité, la sommation de la série ne peut pas être réalisée dans les faits. L'exactitude de l'expression ne tient donc pas à la connaissance d'une quantité qui aurait été calculée (par un nombre fini d'opérations). Puisqu'elle ne peut consister en une égalisation effectuée par un calcul fini, elle ne peut, alors, tenir qu'à la possibilité de réduire la différence entre la somme et la grandeur à une quantité plus petite que toute quantité donnée. La "raison" de la série infinie possède dans cette perspective la dimension opératoire qui permet d'en faire une "loi de progression," une et pourtant infiniment réitérable, qui porte en elle la possibilité de l'achèvement de la somme par l'anéantissement de la différence entre cette dernière et la quantité  $\pi/4$ :

L'ensemble de la série renferme donc en bloc toutes les approximations, c'est-à-dire les valeurs immédiatement supérieures et inférieures, car à mesure qu'on la considère de plus en plus loin, l'erreur sera moindre qu'une fraction, et par suite que toute grandeur donnée. . . . Et bien qu'on ne puisse écrire la somme en un seul et unique

nombre, et qu'elle se poursuive à l'infini, dans la mesure où elle n'est constituée que par une loi de progression unique, l'esprit peut la concevoir convenablement tout entière. (Leibniz, *De vera proportione Circuli ad Quadratum circumscriptum in Numeris rationalibus expressa*, in *Naissance du CD*, 76–77)

Sans l'unité de la loi, l'infinité de l'opération de sommation serait en effet impossible, ramenée à un dénombrement qui ne peut pas englober l'infinité des étapes requise pour que toute différence soit annulée. Et, puisque sans une telle annulation l'égalité ne serait pas atteinte et l'expression ne serait qu'approximative, il apparaît par conséquent que c'est bien l'existence d'une telle loi de progression qui est la condition première de la perfection de l'expression. C'est donc l'unité de la raison de la série qui l'érige au rang de loi, c'est-à-dire d'une entité opératoire qui s'accommode entièrement d'un processus à l'infini: la grandeur est tout entière exprimée par la série car celle-ci, en raison de la généralité de sa raison unique, offre un *modus operandi* infini qui épuise toute inégalité.

Néanmoins, en raison de l'incommensurabilité qui existe entre le terme général de la série, grandeur rationnelle, et  $\pi/4$ , grandeur irrationnelle, la seule notion de proportion ou d'analogie ne peut pas rendre compte de ce qui fait que l'expression atteint une telle perfection. En effet, l'analogie mathématique lie toujours des grandeurs homogènes entre elles: des quotients, des triangles semblables, des coniques même. Mais ici, ce n'est pas le cas: il n'y a entre  $\pi$  et une grandeur rationnelle aucune commensurabilité, aucun rapport déterminé de manière finie. De ce fait, les conditions de la perfection de l'expression de la série ne peuvent pas résider dans la proportion. Alors, pour pouvoir appréhender ce qui fait la nature d'un tel genre d'expression, il faut trouver au sein de la série ce qui peut en porter les conditions. Or, la nature et le mode opératoire de la "loi de progression" peuvent se comprendre de façon forte fructueuse à la lumière du calcul différentiel, dans lequel l'élément opératoire  $d$  est éminemment lié à une forme d'infinité opératoire. C'est donc ce point que nous allons maintenant aborder.

### 3.2. *Les différentielles*

La différentielle  $dx$  possède une nature étrange, puisque Leibniz la caractérise comme une différence, qui n'est pas nécessairement infiniment petite, et qui peut en droit être finie.<sup>22</sup> Elle désigne donc une sorte d'infinité qui exprime, non quelque chose d'infini, mais plutôt quelque chose d'inassignable. Et c'est à ce titre qu'elle révèle un aspect de l'expression en général. En effet, l'indifférence de la différentielle à l'égard de la nature finie ou infinie de la grandeur différenciée dote le calcul infinitésimal d'une puissance opératoire accrue, d'abord parce qu'elle rend le calcul général, et ensuite parce qu'elle en rend possible l'algorithme. En effet, toute différentielle peut elle-même toujours être différenciée, dans un procès sans limite, de sorte que peut être conçue la différentielle d'ordre  $n$ ,  $d^n x$  (ce

<sup>22</sup>Au sujet des deux théorèmes fondamentaux des calculs différentiel et intégral, Leibniz précise: "Or, ces deux théorèmes ont pour propriété remarquable d'être également valides dans les deux calculs différentiels, aussi bien le Calcul différentiel numérique que le Calcul infinitésimal" (*Historia et origo*, 70 [GM 5:398]).

point est d'ailleurs un des points principaux qui prouve l'irréductible distinction entre le calcul différentiel de Leibniz et le calcul des fluxions de Newton).<sup>23</sup> Dans ce cadre, le caractère infinitésimal ou inassignable de la différentielle n'apparaît plus comme l'impossibilité de comparer un quantifiable et un infinitésimal en soi. Il se joue au contraire au cœur de la comparaison. En effet, négligeable par rapport à un  $x$  qui entretient certains rapports non négligeables avec des  $y$  et  $z$ , la différentielle  $dx$  ne l'est pas avec les différentielles  $dy$  et  $dz$  et entretient avec elles des rapports qui correspondent aux rapports que  $x$  entretient avec  $y$  et  $z$ .

Donc  $c$  et  $e$  dans ce calcul d'Algèbre ne sont prises pour des riens que comparative-ment par rapport à  $x$  et  $y$ , mais cependant  $c$  et  $e$  ont du rapport l'une à l'autre, et on les prend pour des infinitésimales, tout comme les éléments que notre calcul des différences reconnaît dans les ordonnées des courbes, c'est-à-dire pour les accroissements et décroissements momentanés. (Leibniz, *Justification du Calcul des infinitésimales par celui de l'Algèbre ordinaire*, GM 4:104 ; cité par Javier Echeverría, in Leibniz, *Naissance du CD*, 38)

Mais cette correspondance ne se fait pas sous le mode de la simple proportionnalité. Car, pour retrouver les relations entre  $x$ ,  $y$ , et  $z$ , il faut en appeler, non aux simples règles de la proportion, mais à ces règles nouvelles du calcul intégral que Leibniz invente, réciproque de son calcul différentiel. Par exemple, si  $x = yz$ , alors on n'a pas  $dx = dy dz$ , mais on a  $dx = z dy + y dz$ . Autrement dit, dans l'infinitésimalité de la différentielle, comme dans l'infinité de la série, "l'analogie" des rapports est anéantie.

Dans l'interstice conceptuel laissé vacant par une analogie devenue inopérante dans l'infinitésimalité de la différentielle, advient une nouvelle manière de penser l'infini et de concevoir son rôle dans l'exactitude de l'expression. Ce sont désormais les idées de développement et d'enveloppement qui se substituent à celles de proportion ou d'égalité. En effet, la différentielle "enveloppe" en elle d'une certaine façon les rapports que la différentielle entretient avec les autres choses. La série "développe" dans l'infinité de la sommation l'exactitude de la grandeur finie. L'expression qui est alors à l'œuvre, loin de l'analogie des rapports, consiste en une forme "d'in-hérence" : les rapports qui sont préservés, sont contenus, repliés, comme cachés au sein d'une entité qui ne leur ressemble pas, et leur extraction, leur redéploiement, leur dévoilement exige un recours à l'infini. L'infini apparaît alors comme l'élément essentiel de l'expression mathématique et de son processus : sans l'infinité de l'opération, la raison de la série n'exprimerait rien en dépit de sa rationalité, sans le repli infinitésimal et son redéploiement intégral, la différentielle serait une entité vide dans sa fixité. L'infini constitue donc à la fois le centre de la dynamique de l'expression et le porteur de son exactitude.

Il ressort, pour le moment, de nos analyses que la conception leibnizienne de l'expression, dans sa précision et dans sa nature, semble s'appuyer sur le rapport particulier entre l'unité (de la loi) et l'infinité (de son processus), entre la déformation (de la forme des rapports exprimés) et la préservation (de ces mêmes rapports), entre l'identité (d'un objet exprimé) et la multiplicité (de ses expressions possibles). Et ce sont de telles dualités qui se retrouvent, mais avec

<sup>23</sup>Voir Parmentier, "L'optimisme mathématique," in Leibniz, *Naissance du CD*, 34-41.

des nuances et des innovations importantes, dans le quatrième modèle évoqué en introduction: celui de l'*Analysis situs*. Modèle employé de manière plutôt implicite mais incontestablement récurrente, le concept de "situation," incarné par le point de vue expressif de la monade et présent au cœur de la Caractéristique Géométrique, est comme les concepts mathématiques précédents à la fois révélateur de la conception leibnizienne de l'expression malgré sa distance à elle.

#### 4. L'ANALYSIS SITUS

L'invention de l'*Analysis situs* semble trouver son origine, ou au moins une influence possible,<sup>24</sup> dans la lecture que Leibniz fait d'un autre texte de Pascal: "L'introduction à la Géométrie."<sup>25</sup> Ce texte présente la géométrie sous le jour nouveau d'une géométrie de l'espace lui-même, et non des figures, encore moins des grandeurs arithmétiques qui leur correspondent.<sup>26</sup> Dans cette géométrie, sont considérées les seules qualités purement géométriques des objets. Les propositions géométriques consistent en une comparaison des objets entre eux: des points avec les points, des lignes avec les lignes, des cercles ou des arcs de cercle avec des cercles ou des arcs de cercle. Ainsi le concept de situation est-il introduit, comme ce par quoi se peuvent distinguer des objets géométriques par ailleurs identiques. Par exemple, "les points ne diffèrent que de situation" (Pascal, "L'introduction à la géométrie," 103), puisque sans grandeur, sans direction, sans figure, la seule relation géométrique les concernant réside dans la comparaison de leurs positions au sein de l'espace. Dans la continuité des travaux de Pascal, Leibniz invente le "Calcul des Situations." Ce calcul doit constituer une nouvelle géométrie, entièrement fondée dans la seule qualité. C'est surtout l'année 1679 qui voit son élaboration, avec une version particulièrement achevée dans l'*Essai* joint à la lettre à Huygens datée du 9/19 du mois de septembre (Leibniz, LH XXXV, 1.11.34-35/CG Fragment XII, 256-64). Leibniz y définit, développe, manie et remanie une conception précise et singulière de la notion de *situs*, essentiellement comprise comme une relation mutuelle.

##### 4.1. La situation mutuelle ou situs inter se

La situation mutuelle de deux points *A* et *B*, notée *A.B*, décrit entre eux une relation qui n'est concevable que par le biais de la perception de leur coexistence. En effet, les points sont identiques les uns aux autres et rien ne les distingue entre eux, si ce n'est leur position dans l'espace. Or, une telle position ne peut pas être déterminée de façon absolue, précisément parce que les points sont tous identiques. Considérés un à un, successivement, il est impossible de déterminer quelles positions ils ont les uns à l'égard des autres et, a fortiori, il est impossible de

<sup>24</sup>Nous préparons actuellement un article consacré à la question problématique de l'influence des travaux de Desargues et de Pascal sur l'invention par Leibniz de la *Characteristica Geometrica* en tant que géométrie de l'espace et de la situation. Le premier, centré sur Leibniz et Desargues, paraîtra dans *Historia Mathematica*.

<sup>25</sup>Texte rédigé avant 1667, fragment liminaire de ses *Éléments de Géométrie*, communiqué à Leibniz par Des Billettes. Impressionné, Leibniz en fait la copie (Itard, "L'Introduction à la géométrie de Pascal," 103-7).

<sup>26</sup>"L'objet de la pure géométrie est l'*espace*, . . . sont connus d'eux-mêmes" (Pascal, "Introduction à la géométrie," 103).

déterminer pour chacun d'eux une position donnée. En revanche, la perception simultanée de deux points permet d'appréhender leurs positions relativement l'une à l'autre: ils acquièrent ainsi une certaine situation au sein de l'espace, mais une situation qui suppose toujours une relation mutuelle. Les points n'ont donc de situation spatiale que relativement les uns aux autres, de sorte qu'il n'y a pas de "*situs*" sans "*inter se*":

Je définis en effet la *Situation* de façon à en faire une relation de deux choses eu égard à l'extension, relation définie du seul fait de leur coexistence. (Leibniz, LH XXXV, I.II.48-9/CG XI, 249)

La situation d'un point n'est par conséquent jamais autrement que relationnelle. En cela elle ne peut pas être absolue, ni dans le sens d'une position singulière, qui appartiendrait en propre au point, ni dans le sens d'une position objective, qui déterminerait un lieu précis et figé de l'espace. Elle est au contraire toujours à la fois mutualisée avec un autre point et relative à une perception donnée.

Cependant, la relation mutuelle fondée dans la perception de la coexistence ne rend pas compte de toute la nature de la situation  $A.B$ , puisque celle-ci suppose également une invariance:

$A.B$  représente la situation mutuelle des points  $A$  et  $B$ , c'est-à-dire un *extensum* (rectiligne ou curviligne, peu importe) qui les relie et demeure le même tant que la situation ne varie pas. (Leibniz, LH XXXV, I.II.47 et 50/CG X, 235)

Ceci peut se représenter ainsi:

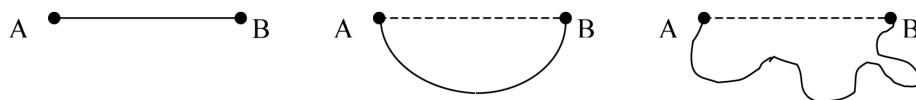


Figure 5. Situation entre  $A$  et  $B$

Peu importe la nature même de l'*extensum*: droite, arc de cercle, ligne courbe. Ce qui prévaut est qu'il soit invariant. L'invariance est en effet ce qui confère à la situation mutuelle des points  $A$  et  $B$  son identité. Car, en raison de l'équivalence universelle des points, si jamais la situation mutuelle des points perçue simultanément varie, cela implique en réalité qu'il s'agit de la position mutuelle de deux autres points. Ou, en d'autres termes, sans la rigidité de l'*extensum* qui relie les points, rien ne permet de penser que la nouvelle situation (qui a varié) est encore celle des deux mêmes points. La situation mutuelle ne peut donc être conçue qu'à la condition que ce qui lie les deux points et fonde leurs positions relatives possède une fixité sans laquelle il n'est pas possible de déterminer la situation mutuelle comme étant celle-là et pas une autre. Aussi le concept de situation mutuelle est-il très étroitement lié à celui d'invariance, lequel ne peut se comprendre que s'il existe dans la géométrie des situations quelque chose qui produit les conditions dans lesquelles cette invariance peut se concevoir, peut se manifester, c'est-à-dire peut résister à son contraire: une variation, un mouvement, une transformation. Surgit alors, comme intermédiaire entre la possibilité de la variation et celle de l'invariance, le concept de congruence.

4.2. *La congruence: Transformation et invariance*

La congruence définit, dans son sens euclidien, la possibilité de superposer deux choses qui, nécessairement, sont semblables dans leur forme et égales en grandeur. Appliquée à la situation mutuelle, '*A.B* est congrue à *C.D*' signifie que ces deux situations mutuelles peuvent se superposer. Mais la congruence est également saisie, par Leibniz, d'une façon spécifique qui intègre une forme de dynamisme. Elle est définie comme la possibilité d'occuper un autre lieu "en gardant la situation de ses parties [*salvo partium situ*]" (LH XXXV, I.II.30v/*CG* VII, 117), c'est-à-dire en demeurant la même chose:

Chaque chose peut être disposée dans l'espace en conservant sa figure propre, en d'autres termes à tout objet situé dans l'espace on peut faire correspondre une infinité d'autres objets qui lui soient congrus. (Leibniz, LH XXXV, I.II.1-16/*CG* IX, §65, 205)

La congruence mentionnée plus haut signifie seulement qu'un *extensum* peut être déplacé et passer du lieu délimité par A et B à celui délimité par C et D. (Leibniz, LH XXXV, I.II.48-9/*CG* XI, 253)

Si ce "dé-placement" rejoint la conception euclidienne de superposition comme prise de la "place" d'une chose par une autre, il évoque également la notion qui ne s'y retrouve pas d'un "mouvement" continu d'un lieu dans l'espace à un autre. La congruence, comme Leibniz aime à la concevoir, consiste alors en la possibilité d'un mouvement sans modification, c'est-à-dire d'une variation continue qui maintient cependant la situation mutuelle, d'une substitution infinie qui se fait "*servato situ*" et, de façon générale, d'un changement qui préserve un invariant. Ainsi, sans l'invariance qui est corrélée nécessairement à la fixité de la situation mutuelle, il ne serait pas possible de concevoir la congruence. En retour, la congruence est ce qui permet de penser la situation mutuelle dans cette double dimension propre aux objets mathématiques, notions abstraites et "incomplètes," entre identité conceptuelle d'un côté et infinité des occurrences de l'autre. Ainsi la congruence concilie-t-elle l'unité de la situation mutuelle avec la multiplicité des situations mutuelles identiques.

Il reste donc à déterminer cet invariant que la congruence donne à voir, qui se préserve en dépit du mouvement, qui se meut sans se modifier. Il s'agit, comme nous l'avons déjà relevé, de la "situation des parties" de l'objet géométrique "dé-placé." L'idée d'une situation des "parties" ne se comprend pas aisément quand on la considère dans le cas de la situation *A.B* de deux points qui serait congrue à la situation *A'.B'* de deux autres points. En effet, les points sont en eux-mêmes pour Leibniz sans grandeur et donc sans parties, et c'est à peine si l'on peut les saisir chacun comme "partie" de la situation mutuelle qu'il détermine: seul, le point est sans *situs* déterminé et, à ce titre, il ne peut pas être une "partie" de la situation mutuelle à laquelle il appartient, du moins pas dans le sens où l'on dit qu'un segment est la "partie" d'une droite. En revanche, l'idée d'une "situation des parties" prend son sens d'une façon plus évidente quand on considère la situation mutuelle de trois, quatre, ou *n* points. En effet, la proposition "*A<sub>1</sub>.A<sub>2</sub>. . .A<sub>n</sub>* est congrue à *B<sub>1</sub>.B<sub>2</sub>. . .B<sub>n</sub>*" suppose que toutes les situations mutuelles *A<sub>i</sub>.A<sub>j</sub>*, obtenues par les combinaisons binaires des lettres, soient congrues à celles qui leur correspondent *suivant l'ordre donné* des lettres, à savoir à *B<sub>i</sub>.B<sub>j</sub>*.

On dit, en d'autres termes, que la situation des points A.B.C est la même que celle des points D.E.F, si la situation des points A et B est la même que celle des points D et E, celle des points A et C la même que celle des points D et F, enfin celle des points B et C la même que celle des points E et F. . . Il en va de même en prenant davantage de points, en posant par exemple A.B.C.D  $\gamma$  E.F.G.H. (Leibniz, LH XXXV, 1.11.47 et 50/CG X, 239)

Les situations mutuelles obtenues par une combinaison deux à deux des  $n$  points, parce qu'elles sont identiques en nature à la situation mutuelle des  $n$  points ensemble, peuvent en effet être considérées comme les "parties" qui composent la situation mutuelle globale. Déterminées par l'ordre des lettres, l'ensemble des situations mutuelles binaires renvoie alors à une sorte de "ré-partition" interne qui peut être assimilée à la figure géométrique de l'objet. Certes, sans la fixité des éléments extérieurs, l'invariance de cette composition interne ne peut être saisie, pas plus que la congruence ne peut être pensée. Néanmoins, et en dépit de cet acte perceptif qui établit la composition de la figure par rapport aux éléments extérieurs, il se produit une sorte d'internalisation. Car, une fois considérés ensemble, ces points et leurs relations réciproques dessinent une forme géométrique (par exemple celle du triangle déterminé par la situation mutuelle A.B.C) dotée d'une unité qui se transporte selon les lois de la congruence. La substitution qui se fait "*servato situ*," en préservant la situation mutuelle, est donc bien aussi une substitution qui se fait "sans aucune modification interne,"<sup>27</sup> dans le maintien de l'ordre internalisé des parties.

Le *situs* géométrique est donc lié à l'acte perceptif, qui est tel que par lui sont intériorisées les relations qui constituent le *situs*, en même temps que ces relations ne peuvent être saisies dans leur composition unifiée que par rapport aux éléments extérieurs à elles. Le *situs* est ainsi à la fois unique et infini car, en raison de la relation de congruence qui est identique à un mouvement continu, la même situation est infiniment répétée, et les objets congrus les uns aux autres sont, en dépit de leur identité, en nombre infini. Ils ne se distinguent pas les uns des autres en eux-mêmes, mais seulement spatialement, pour un observateur qui les perçoit simultanément. Surgit alors quelque chose de la dualité de la conception leibnizienne de *situs* monadique, mixte d'intériorité et d'extériorité, monade seule avec Dieu et pourtant liée dans son expression à toutes les autres.

## 5. LES MODÈLES MATHÉMATIQUES DE L'EXPRESSION ET LA MONADOLOGIE

### 5.1. Le concept de *situs* et l'expression monadique

À l'instar de ce qui se joue dans l'*Analysis situs* et dans la conception qui y est élaborée d'un ordre interne de l'objet géométrique, ordre déterminé par des situations mutuelles perçues, la monade, dans son propre acte expressif qui est aussi un acte perceptif, consiste également en l'intériorisation au cœur de son unité fondamentale des relations qu'elle possède avec toutes les autres monades: ce sont

<sup>27</sup>"Si deux choses ne coïncident pas, . . . soit superposer en même temps C à A et D à B" (Leibniz, LH XXXV, 1.11.1-16/CG IX.23, 173).

alors des situations mutuelles qui sont exprimées dans l'unité de sa perception, c'est-à-dire de son activité.<sup>28</sup> De plus, elle est de plus liée à un *situs* extraordinaire, parce qu'elle est déterminée par le "point de vue de Dieu" qui la pense, la perçoit toujours nécessairement comme liée aux autres monades dans une entr'expression qui, certes, réalise une union mais ne requiert pas une dépendance réelle:

Car Dieu tournant pour ainsi dire de tous costés et de toutes les façons le système general des phénomènes qu'il trouve bon de produire pour manifester sa gloire, et regardant toutes les faces du monde de toutes les manières possibles, puisqu'il n'y a point de rapport qui échappe à son omniscience; le resultat de chaque vue de l'univers, comme regardé d'un certain endroit, est une substance qui exprime l'univers conformément à cette vue, si Dieu trouve bon de rendre sa pensée effective et de produire cette substance. (Leibniz, *DM* §14 [A 6-4:1550])

Car Dieu crée les substances dans une unité fondamentale, un acte créateur indivisible, dans lequel les substances expriment, chacune, l'univers tout entier, et se le représentent en elles-mêmes d'une façon qui leur est propre. La singularité de leur expression tient alors à son imperfection: dans la confusion de la représentation qu'elles ont de l'univers apparaissent les différences qui existent entre les unes et les autres, l'une percevant confusément ce qu'une autre perçoit pourtant distinctement. Dans l'infinité des éléments constitutifs de cette représentation, c'est alors une infinité de différences possibles qui peuvent distinguer entre elles les substances. Néanmoins, ces différences sont réglées entre elles, et toute représentation monadique est toujours liée à la façon dont toutes les autres expriment, se représentent, perçoivent ce même univers:

Parce que Dieu en réglant le tout a eu égard à chaque partie, et particulièrement à chaque Monade, dont la nature étant représentative, rien ne la sauroit borner à ne représenter qu'une partie des choses, quoiqu'il soit vrai, que cette représentation n'est que confuse dans le détail de tout l'univers et ne peut être distincte que dans une petite partie des choses. (Leibniz, *Monadologie*, §60 [GP 6:617])<sup>29</sup>

En effet, ce que Dieu accorde dans l'harmonie du monde n'est autre que les expressions des substances, c'est-à-dire les principes de leur singularité et de leur activité. Aussi, même si la vision de Dieu, sur l'univers qu'il choisit de créer, est une vision du tout, dans sa plénitude et dans son infinité, une vision ichnographique, sa création, elle, produit une monade toujours scénographique, toujours perception selon un certain point de vue, toujours vision perspective de l'univers:

Bien mieux, toutes les substances créées sont des expressions différentes du même univers et de la même cause universelle, savoir Dieu; mais elles varient par la perfection de l'expression, comme des représentations ou scénographies différentes de la même ville vue de différents points. (Leibniz, *Principes logico-métaphysiques*, C 521/*Recherches générales*, 462)

C'est de cette manière que le point de vue de Dieu sur l'univers, qui confère à la substance un *situs* singulier, fonde aussi l'intériorisation, au cœur de l'expression de la substance, des relations de correspondance expressive entre toutes les autres

<sup>28</sup>Voir De Risi, *Geometry and Monadology: Leibniz's Analysis situs and Philosophy of Space*.

<sup>29</sup>"Ainsi une substance qui est d'une étendue infinie, en tant qu'elle exprime tout, devient limitée par la manière de son expression plus ou moins parfaite" (Leibniz, *DM* §15 [A 6-4:1551]).

substances, à l'instar de l'intériorisation des situations mutuelles dans la forme de l'objet géométrique de l'*Analysis situs*: parce que Dieu, en concevant la monade, l'envisage comme élément de la correspondance universelle, donc comme toujours corrélée à toutes les autres expressions monadiques. La primeur de l'unité du monde dans l'acte créateur implique par conséquent le primat du tout sur la partie, de l'entr'expression sur l'expression, primat incarné par le fait que chaque substance exprime, à sa manière et dans son activité absolument intérieure, l'univers tout entier compris comme réseau relationnel infiniment infini.

Ainsi, l'idée même d'un "*situs*" déterminé par la relation aux autres choses se transpose-t-elle à la substance. Et cette transposition implique de manière évidente à la fois les conceptions issues de la projection perspective et celles qui dérivent du calcul des séries ou du calcul infinitésimal. En effet, en eux tous se trouvent étroitement associés les notions de continuité, d'ordre, de loi de mouvement ou de transformation, et les concepts d'identité, de variété ou d'infinité. Autant d'éléments qui interviennent dans la compréhension de la nature de la monade comme expression de l'univers tout entier, comme entité unique et pourtant universelle, douée d'une identité et pourtant inscrite dans une activité essentielle, obéissant à une loi et pourtant spontanée, variation du point de vue divin autant que variété de la création, douée d'une ordonnance aussi intime que publique. Aussi peut-on trouver dans les autres travaux mathématiques de Leibniz des concepts qui confirment, voire complètent, la compréhension de l'expression monadique permise par le modèle géométrique du *situs*.

### 5.2. *Les autres apports conceptuels des mathématiques*

De façon plus précise, le modèle perspectif offre, pour sa part, une compréhension de l'entr'expression des substances sur le mode de la correspondance des activités de chacune, selon un rapport pré-réglé. Les substances s'expriment parce qu'elles expriment toutes un même univers, analogue du cercle à l'infini que les sections coniques expriment:

Les perceptions ou expressions de toutes les substances s'entreprépondent. . . . Or quoyque tous expriment les mêmes phenomenes, ce n'est pas pour cela que leurs expressions soyent parfaitement semblables, mais il suffit qu'elles soient proportionnelles; comme plusieurs spectateurs croient voir la même chose, et s'entendent en effect, quoyque chacun voye et parle selon la mesure de sa veue. (Leibniz, *DM* §14 [A 6-4:1550])

Sans se ressembler, les substances ont donc néanmoins entre elles une forme de communauté, car elles se représentent, en elles, l'ordre universel du monde. De cette manière, en raison de l'existence dans les unes et les autres de la structure mondaine à laquelle elles appartiennent mais qui pourtant les dépasse, elles sont liées entre elles dans leurs expressions par une congruence d'un genre mathématique, selon une transitivité qui affirme que si *A* exprime *C* et si *B* exprime *C*, alors *A* et *B* s'expriment. Le modèle de cette congruence se trouve explicité dans les raisons qui président à la méthode perspective de connaissance des coniques, qui sont les représentations d'un seul et même cercle à l'infini. Les monades se rapportent en effet les unes aux autres de la même façon que les coniques le font, en tant que transformées ou projetées d'un même tout.

La monade en elle-même, dans son activité propre, se comprend en revanche davantage sur le mode de la série ou de la différentielle, que sur celui de la projection perspective. La “loi de progression” ou encore la “loi de série” permettent effectivement de saisir comment la monade, substance active et simple, connaît un déroulement temporel qui s’effectue selon une loi déterminée—qui n’est autre que le décret divin relatif au choix du meilleur des mondes possibles:

Tout arrive dans chaque substance en consequence du premier estat que Dieu luy a donné en creant, et le concours extraordinaire mis à part, son concours ordinaire ne consiste que dans la conservation de la substance même, conformément à son estat precedent et aux changements qu’il porte. (“Leibniz an Antoine Arnauld, 30. April 1687,” A 2-2:177)

En concevant la monade sur le modèle mathématique de la “loi de série,” Leibniz rend possible de concilier l’imperfection de sa finitude et l’infinité de sa nature. Par le déploiement continu, et par conséquent infinitésimal, d’une “raison” initiale, l’activité expressive de la monade peut en effet se penser comme le développement progressif d’un infini au cœur d’une entité pourtant finie:

On peut même dire qu’en consequence de ces petites perceptions le present est plein de l’avenir et chargé du passé, que tout est conspirant (σύμπνοια τάντα, comme disoit Hippocrate) et que dans la moindre des substances, des yeux aussi perçants que ceux de Dieu pourroient lire toute la suite des choses de l’univers. (Leibniz, “Préface,” in *Nouveaux essais sur l’entendement humain* [A 6-6:55])

La “raison” initiale est déterminée par l’intelligence divine et incarne dans la monade le choix du monde le meilleur. En cela elle se confond avec la “résolution” divine, qui est à considérer dans deux sens possibles: à la fois comme une décision qui est le fruit de sa volonté à l’égard de la création, et comme ce qui naît du calcul par lequel il résout le problème du choix du meilleur comme maximum de perfection. Et c’est ce choix même qui implique de créer chaque monade comme ce qui, dans le cours du déroulement temporel de l’univers, participe à et de ce monde le plus parfait. D’emblée, par conséquent, la monade porte en elle la résolution divine elle-même et, avec elle, le cours de sa propre existence et du monde dans sa totalité, qu’elle déroule selon le modèle d’une série infinie ou d’une différentielle déployée par intégration.

Enfin, la loi de projection perspective offre à Leibniz le moyen d’illustrer comment la multiplicité des substances peut naître de l’unité de la création divine, de l’unité de l’univers que Dieu choisit comme un tout, et comment cette multiplicité peut être celle d’un accord entre des singularités absolues. La monade, comprise comme image perspective de l’univers, acquiert du fait même de cette déformation l’unicité qui la fonde comme substance réelle. C’est, en effet, en ne ressemblant pas au cercle générateur que les sections coniques peuvent être multipliées par la projection et, dans le même temps, être diversifiées par elle. De la même façon, la multiplicité infinie des monades consiste en l’ensemble infini des projections perspectives que Dieu a de l’univers. Dieu peut alors être considéré comme le centre d’une projection perspective: son intelligence varie infiniment les différentes vues qu’il a de l’univers qu’il a choisi, sa puissance les démultiplie à l’infini en les incarnant dans l’infinité des substances réelles par ailleurs uniques.

Mais Dieu est aussi alors comme le cercle générateur, posé à l'infini, et cependant exprimé d'une certaine manière par chaque section conique. En effet, centre de vision, chaque monade, parce qu'elle est un centre perspectif, est aussi une image déformée de Dieu lui-même:

On peut même dire que toute substance porte en quelque façon le caractère de la sagesse infinie de la toute-puissance de Dieu, et l'imité autant qu'elle est susceptible. Car elle exprime quoique confuse tout ce qui arrive dans l'univers, passé, présent ou avenir, ce qui a quelque ressemblance à une perception ou connaissance infinie. (Leibniz, *DM* §9 [A 6-4:1542])

La monade n'est donc pas seulement l'expression d'un monde, mais, puisque l'effet exprime sa cause, elle exprime aussi Dieu, du moins sa vue, son intelligence et sa volonté. Elle est, dans une mesure limitée, tout ce que Dieu est: elle est son imitation imparfaite qui acquiert, dans cette imperfection même, de quoi fonder sa propre singularité et l'infinie multiplicité des substances. En effet, alors qu'il n'y a qu'une forme possible de la perfection, alors qu'il n'y a qu'un Dieu, l'imperfection se réalise au contraire d'une infinité de façons possibles, de sorte que, imparfaites, les monades peuvent être plurielles, c'est-à-dire diverses dans la multitude, multipliées par leurs différences, à la manière des images projectives qui déforment l'original et en produisent ainsi une variété d'autant plus riche que les différences sont grandes.

Mais, en dépit de ces apports, les modèles mathématiques de l'expression posent parfois autant de problèmes qu'ils permettent d'en résoudre. Car, comme nous le voyons, ils conviennent quand il s'agit d'illustrer un aspect de la monadologie, de la nature de la substance, de l'harmonie universelle des substances qui s'entr'expriment et même de la création divine, mais ils ne permettent pas de rendre compte de tous ces aspects en même temps: de la singularité de la monade, de son activité, de sa spontanéité ou, encore, de la quantité infinie des monades. Aussi nous faut-il conclure sur les limites de chacun de ces modèles et admettre qu'il n'y a pas, chez Leibniz, une modélisation mathématique de sa métaphysique qui permette d'épuiser cette dernière, que celle-ci dépasse nécessairement celle-là et que, pas plus que la philosophie leibnizienne n'est pas un pan-logisme, elle n'est un pan-mathématisme.

## 6. CONCLUSION: LES LIMITES DES MODÈLES MATHÉMATIQUES DE L'EXPRESSION

### 6.1. *Le modèle perspectif et le problème du "centre" divin*

Se pose en premier lieu la question, fort problématique, de la nature de ce centre perspectif que serait Dieu. Car sa vue n'est pas seulement celle de toutes les vues possibles. Elle est avant toutes choses la vue d'un tout qui dépasse celle des parties qui le composent, parce qu'elle consiste en une vue ichnographique. Quel centre de projection perspective Dieu peut-il alors bien être? Un centre fixe, posté à l'infini, point de concours d'un cône dont les génératrices seraient parallèles? Une telle vision serait effectivement ichnographique. Mais que seraient les monades? Si elles sont les effets de la variation de l'inclinaison du plan de projection, elles ne seraient alors rien d'autre que les effets de la variation de la position du

point de vue. Et Dieu ne serait plus un point fixe, mais il serait tous les points de vue possible. Pour maintenir ces deux positions incompatibles, Leibniz emploie le concept traditionnel d'un Dieu qui serait "comme centre partout" mais dont la "circonférence n'est nulle part, tout luy étant présent immédiatement" (Leibniz, *PNG* §13 [GP 6:604]). Cette caractérisation rejoint la définition du centre et la conception de *situs* qui sont présentées dans l'*Analysis situs*. Leibniz écrit, au sujet de la sphère:

C'est le lieu de tous les points ayant une même situation par rapport à un point donné; ce point est lui-même appelé *Centre*. (Leibniz, LH XXXV, I.II.I-16/CG IX, 223)

La situation de chacun des points de la sphère est donc déterminée par son équi-position relativement au centre. Mais, pour rendre possible une telle équi-position, ce centre doit être figé, "donné," nécessairement déterminé par une perception particulière—comme l'exige le modèle mathématique d'une situation géométrique jamais absolument donnée, mais toujours déterminée par la relation d'un élément avec d'autres éléments perçus simultanément. En revanche, si Dieu est "comme centre partout," cela implique qu'il est, pour toutes choses, le point à partir duquel elles sont déterminées. Et cela implique aussi qu'il n'est lui-même déterminé par aucune perception particulière hors de lui, sinon il serait centre "ici" et non pas "là," c'est-à-dire qu'il serait centre pour tel ensemble de points et non pour tel autre. De ce fait, toute équi-position relativement à lui, sur le mode de celui des points de la sphère à l'égard du centre fixe, est en réalité inconcevable.

Alors, persiste une irréductible différence entre les monades de l'univers—dont le "centre" est Dieu—et les points géométriques: en nulle façon, jamais ne se trouvent deux monades ayant à l'égard de ce centre une même situation. Les monades sont donc bien des "points métaphysiques" qui doivent être distingués des "points géométriques." Ceux-ci sont pour leur part toujours congrus les uns aux autres, leurs situations mutuelles sont déplaçables et, pour cette raison, assorties d'une infinité de copies. En revanche, les monades possèdent une situation singulière, à la fois situation individuelle et situation universelle, situation proprement leur et pourtant constituée de l'ensemble des relations mutuelles qu'elles ont avec toutes les autres monades. Elles ne peuvent jamais être congrues les unes aux autres et, en cela, la métaphysique échappe à la géométrie.

Ceci nous conduit alors, en deuxième lieu, à réexaminer la métaphore problématique du point de vue monadique comme "*situs* perspectif," car, plus souvent que la notion de "point de vue divin," c'est en réalité celle de "point de vue de la monade" qui apparaît dans les textes:

Tout substance individuelle exprime l'univers tout entier à sa manière et sous un certain rapport, ou pour ainsi dire suivant le point de vue dont elle le regarde. ("Leibniz an Antoine Arnauld, 14. Juli 1686," A 2-2:80)

L'idée d'un "point de vue" monadique suggère que sa nature expressive peut être rapportée de façon pleine et satisfaisante à une perception perspective. Mais une telle conception n'est pas, encore une fois, sans contenir quelques difficultés.

### 6.2. La question délicate du “point de vue” monadique

Concevoir la monade comme un “point de vue perspectif” revient à la présenter en des termes spatiaux. Elle apparaît en effet comme un “centre” perspectif qu’on a tendance à “placer” en un lieu, voire dans un corps comme dans “la masse organisée, dans laquelle est le point de vue de l’âme” qui est par conséquent “exprimée plus prochainement par elle” (Leibniz, *Système nouveau*, GP 4:484).<sup>30</sup> Pourtant, la monade est une substance immatérielle, défaite en elle-même de corporéité et, partant, de spatialité, même si elle est toujours dotée d’un corps organique. Dans ses textes les plus tardifs, dans sa correspondance avec le Père Des Bosses et aussi dans quelques textes postérieurs à 1714, Leibniz revient sur cette identification de la monade avec un centre, entité géométrique ponctuelle, pour en souligner le caractère analogique et nécessairement inadéquat:

De dire que les Ames sont des points intelligens, ce n’est point une expression assés exacte. Si je les appelle des centres ou des concentrations des choses externes, je parle par analogie. (Leibniz, GP 6:627)<sup>31</sup>

Aussi faut-il conclure que le “point de vue” monadique ne peut être compris comme une position, et ne doit en aucun cas être ramené à quelque chose de spatial, sans risquer de dévoyer la métaphore de Leibniz lui-même.

Néanmoins, la notion de “centre” ne doit pas être absolument rejetée pour saisir ce qu’est la monade. Car elle révèle également l’idée d’une forme de convergence qui se joue en elle. Dans certains textes, le terme de ‘centre’ est remplacé par celui de ‘concentration’ qui, à la dimension géométrique du centre comme point, substitue une dimension plus dynamique, puisqu’il évoque une sorte d’activité par laquelle quelque chose est “enveloppé” dans autre chose, c’est-à-dire ramené à une moindre mesure et même à la moindre des mesures, quand il s’agit de l’unité indivisible de la monade:

Chaque substance simple en vertu de sa nature est, pour dire ainsi, une concentration et un miroir vivant de tout l’univers suivant son point de vue. (“Cinquième écrit de Leibniz, mi-août 1716,” in Leibniz, *Correspondance Leibniz-Clarke*, 164)

La monade est un centre en ce qu’en elle se réalise une sorte de repliement de l’univers: enveloppement ontologique de l’ensemble infini de l’univers ramassé sur lui-même pour une monade conçue comme un petit monde dans le grand, ou enveloppement perceptif au cœur de l’expression monadique de la pensée infinie que Dieu a du meilleur des mondes possibles et que chaque monade représente, et donc connaît, à sa manière. Elle peut alors, en tant que telle, être pensée comme une “expression” de l’univers, dé-spatialisée mais pourtant “selon un certain point de vue.” En effet, sa nature expressive et perspective implique, non pas une position dans l’univers, mais une singularité fondée dans la correspondance préalable qui détermine les rapports perceptifs réciproques par

<sup>30</sup>Voir aussi: “Chaque substance simple ou Monade distinguée, . . . les choses qui sont hors d’elle” (Leibniz, *PNG* §3 [GP 6:598–99]).

<sup>31</sup>Voir aussi dans la lettre au Père Des Bosses du 24 avril 1709: “Il y a bien des années, alors que ma philosophie n’était pas encore mûre, je localisais les âmes dans des points . . . non à partir de points, mais de la force” (Leibniz, *Lettres à Des Bosses*, 131–32 [GP 2:372]).

lesquels elle est différenciée des autres. En cela, la monade est un centre unique: celui que ses perceptions désignent, en lequel elles convergent et dans lequel est concentré l'univers tout entier.

Ce "centre substantiel" suggère, en dernier lieu, le modèle qu'offrent les séries et le calcul différentiel, qui ont donné à Leibniz l'occasion de penser la nature de la substance individuelle sur le mode dynamique du développement des états monadiques. Néanmoins, comme les autres, ce modèle appelle, sinon une réfutation, du moins de voir éclaircies les conditions de son efficience et de sa pertinence.

### 6.3. *Les insuffisances des modèles sériel et différentiel*

Dans les séries, la quantité finie est déterminée, dans tout ce qu'elle est, par la raison de la série, comme cela a déjà été montré. De la même façon, la monade est tout entière comprise dans l'équivalent en elle du terme général de la série, c'est-à-dire dans cette sorte de préalable à son histoire, ce décret divin, cet état originaire dans lequel elle est créée. Car c'est à partir de cet état originel que se développent les états postérieurs qui constituent son devenir, selon une certaine "loi de l'ordre," analogue de la "loi de progression" dans les séries:

Or c'est selon moy la nature de la substance créée, de changer continuellement suivant un certain ordre, qui la conduit *spontanément* (s'il m'est permis de se servir de ce mot) par tous les estats qui luy arriveront, de telle sorte que celui qui voit tout, voit dans son estat present tous ses estats passés et à venir. Et cette loy de l'ordre qui fait l'individualité de chaque substance particuliere, a un rapport exact à ce qui arrive dans toute autre substance, et dans l'univers tout entier. (Leibniz, *Eclaircissement*, GP 4:518)

Mais la série offre une représentation discrète des états de la somme: ce sont des sommations successives et entre elles discontinues qui se produisent en chaque rang  $n$  de la série. On peut en revanche considérer que le concept de différentielle permet à Leibniz de trouver un moyen de pallier l'aspect discret de la série et de considérer la progression ou l'ordre selon un mode continu. Ce concept suppose, en effet, la représentation d'un élément infinitésimal qui contient en lui-même quelque chose qui, pourtant, l'enveloppe ou le dépasse sans lui ressembler en tous points. La différentielle apparaît alors comme la partie sans grandeur de ce qui pourtant en a une, qui contient néanmoins assez de choses de ce dont elle est la différenciée pour que l'intégration permette de retrouver la chose et ses propriétés. Le modèle de la différentielle permet donc de concevoir la monade comme étant l'expression de l'univers qui la dépasse infiniment, comme son modèle réduit, comme son repli parfois le plus ténu, mais qui peut déplier continûment ses replis, dans des variations infinitésimales, comme on peut retrouver, par l'intégration, les aspects assignables que la différentielle pourtant infinitésimale contient. En cela consiste d'ailleurs l'activité expressive de la monade: une activité de mise à jour progressive des perceptions infinitésimales qu'elle contient déjà et toujours et qui sont autant de variations de la façon dont elle exprime l'univers, mais aussi autant de variations continues et infinitésimalement liées de son propre état:

Car chaque perception precedente a de l'influence sur les suivantes, conformément à une loy d'ordre qui est dans les perceptions comme dans les mouvemens. . . J'ajoute, que les perceptions qui se trouvent ensemble dans une même ame en

même temps, enveloppant une multitude véritablement infinie de petits sentiments indistinguables, que la suite doit développer, il ne faut point s'étonner de la variété infinie de ce qui en doit résulter avec le temps. (Leibniz, *Eclaircissement*, GP 4:522–23)

Ainsi pensée, la monade n'apparaît cependant pas dans toute sa spécificité. Il lui manque encore le principe même du déroulement des états perceptifs déjà contenus en elle. Car la différentielle n'opère pas d'elle-même, la raison de la série ne s'additionne pas d'elle-même, l'infinité mathématique ne surgit pas d'elle-même des objets finis ou, même, infinitésimaux. Penser l'activité de la monade selon leurs modèles ne suffit donc pas à concevoir le principe de sa spontanéité. Les modèles différentiel et sériel ne jouent que dans une conception de la monade comme entité déjà dynamique, déjà considérée dans sa relation avec ce qui la meut et qui ne peut être que Dieu. C'est alors en tant que créature divine, d'une création qui ne peut céder à la faiblesse d'un occasionnalisme, que la monade exprime l'univers sur le mode d'une loi propre et interne de développement progressif de ses états perceptifs.

Alors, et telle est notre conclusion, si la monade ne peut pas être Dieu, elle doit cependant lui ressembler et, dans sa nécessaire imperfection, déployer dans le temps ce que Dieu appréhende dans l'unité de l'éternité, développer dans le dynamisme de son activité perceptive ce que Dieu saisit d'un seul tenant. Ainsi est-elle un "miroir vivant perpétuel de l'univers" (Leibniz, *Monadologie*, §56 [GP 6:616]), une image, un reflet, "representant exactement tout l'univers à sa manière et suivant un certain point de vue" (Leibniz, *Système nouveau*, GP 4:484). Elle est même, écrit Leibniz, "comme un petit monde qui exprime le grand" (Leibniz, *DM* §16 [A 6-4:1554]). L'expression monadique consiste alors en un véritable "isomorphisme," non seulement dans le sens mathématique d'une congruence de rapports (puisqu'elle s'accorde aussi avec cette interprétation), mais dans le sens "de ce qui possède la même forme qu'autre chose," sans évidemment être cette autre chose. Tout est en elle et elle est en tout, dans des replis infinis et infinitésimaux, selon une périchorèse complète mais limitée. Car cette limite de la puissance expressive de la monade révèle aussi la puissance divine et l'infinie richesse de sa création: pas de pluralité des monades sans variété des expressions monadiques, pas de variété des expressions monadiques sans imperfections, pas d'imperfections dans l'harmonie sans entr'expression. Et, dans cette imperfection relative à la représentation, dans cette entre-limitation attachée à l'entr'expression, dans cet entr'empêchement dû à la compatibilité des substances, l'isomorphisme résiste à l'identité et, d'une certaine manière, la métaphysique aux mathématiques.

#### BIBLIOGRAPHY AND ABBREVIATIONS

- Andersen, Kirsti. *The Geometry of an Art: The History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge*. New York: Springer, 2007.
- Costabel, Pierre. "Traduction française des notes de Leibniz sur les 'Coniques' de Pascal." In Taton, *L'œuvre scientifique de Pascal*, 83–101. ["Notes de Leibniz"]
- De Risi, Vincenzo. *Geometry and Monadology: Leibniz's Analysis situs and Philosophy of Space*. Basel: Birkhäuser, 2007.
- Debuiche, Valérie. "La notion d'expression chez Leibniz." PhD diss., Université d'Amiens, 2009.
- . "La notion d'expression et ses origines mathématiques." *Studia Leibnitiana* 41 (2009): 88–117.
- Deleuze, Gilles. *Spinoza et le problème de l'expression*. Paris: Éditions de Minuit, 1968.

- Desargues, Girard. *Brouillon project d'une atteinte aux événements des rencontres du cône avec un plan*. In *L'œuvre mathématique de G. Desargues*, 2nd ed., edited by René Taton, 99–180. Paris: Vrin, 1981. [Brouillon Project]
- Echeverría, Javier. "Leibniz, interprète de Desargues." In *Desargues en son temps*, edited by Jean Dhombres and Joel Sakarovitch, 282–93. Paris: Blanchard, 1994.
- Gaudemar, Martine de. "Exprimer." In *Perspectives sur Leibniz*, edited by Renée Bouveresse, 39–59. Paris: Vrin, 1999.
- Granger, Gilles-Gaston. "Philosophie et mathématiques leibniziennes." In *Formes, opérations, objets*, 199–240. Paris: Vrin, 1994.
- Hofmann, Joseph E. *Leibniz in Paris: 1672–1676*. London: Cambridge University Press, 1974.
- Itard, Jean. "L'Introduction à la géométrie de Pascal." In Taton, *L'œuvre scientifique de Pascal*, 102–19.
- Kulstad, Mark A. "Leibniz's conception of expression." *Studia Leibnitiana* 9 (1977):55–76.
- Leibniz, G. W. *Confessio Philosophi: La profession de foi du philosophe*. 3rd ed. Edited by Won Belaval. Paris: Vrin, 2004. [Confessio Philosophi]
- . *Correspondance Leibniz-Clarke*. 2nd ed. Edited by André Robinet. Paris: Presses Universitaires de France, 1991.
- . *De vera proportionem Circuli ad Quadratum circumscriptum in Numeris rationalibus expressa*. In Leibniz, *Naissance du calcul différentiel*, 61–81.
- . *Dialogus*. A 6-4:20–25. Translated by Claude Gaudin, "Correspondance et responsabilité dans la philosophie des signes: Analyse critique du *Dialogus* de 1677," *Philosophie* 39 (1993):83–102.
- . *Die Leibniz-Handschriften der königlichen öffentlichen Bibliothek zu Hannover*. Catalog of Leibniz's works edited by E. Bodemann. Repr. Hildesheim: Georg Olms Verlag, 1966. [LH]
- . *Die philosophischen Schriften von G. W. Leibniz*. Edited by C. I. Gerhardt. 7 vols. Repr. Hildesheim: Georg Olms Verlag, 1978. [GP]
- . *Discours de Métaphysique*. A 6-4:1529–88. [DM]
- . *Dissertatio de Arte Combinatoria*. A 6-1:163–230.
- . *Eclaircissement des difficultés que Monsieur Bayle a trouvées dans le système nouveau de l'union de l'ame et du corps*. GP 4:517–24. [Eclaircissement]
- . *Historia et origo calculi differentialis*. GM 5:392–410. Translated by Régine Szeftel-Zylberbaum, *Les cahiers de Fontenay* 1 (1975):58–98. [Historia et origo]
- . *Justification du Calcul des infinitésimales par celui de l'Algèbre ordinaire*. GM 4:104–6, cited by Javier Echeverría. In Leibniz, *Naissance du CD*, 38.
- . *La caractéristique géométrique*. Edited by Javier Echeverría and Marc Parmentier. Paris: Vrin, 1995. [CG]
- . *La naissance du calcul différentiel: 26 articles des Acta Eruditorum*. Edited by Marc Parmentier. Paris: Vrin, 1989. [Naissance du CD]
- . *Leibnizens mathematische Schriften*. Edited by C. I. Gerhardt. 7 vols. Repr. Hildesheim: Georg Olms Verlag, 1962. [GM]
- . *Leibniz-Thomasius: Correspondance, 1663–1672*. Edited and translated by Richard Bodeüs. Paris: Vrin, 1993.
- . "Leibniz an Antoine Arnauld, 14. Juli 1686." A 2-2:67–84.
- . "Leibniz an Antoine Arnauld, 30. April 1687." A 2-2:174–93.
- . "Leibniz an Antoine Arnauld, 9. Oktober 1687." A 2-2:238–61.
- . "Leibniz an Antoine Arnauld, 23. März 1690." A 2-2:309–15.
- . "Leibniz an Gallois, Ende 1675." A 3-1:355–63.
- . "Leibniz an La Roque, 1675." A 3-1:336–55.
- . "Lettre à la Reine Sophie-Charlotte, 8 mai 1704." GP 3:343–48.
- . *Lettres de Leibniz au R. P. Des Bosses*. In *L'Être et la relation avec trente-cinq lettres de Leibniz au R.P. Des Bosses*. Edited and translated by Christiane Frémont. Paris: Vrin, 1981. [Lettres à Des Bosses]
- . *Monadologie*. GP 6:598–606.
- . *Nouveaux essais sur l'entendement humain*. A 6-6.
- . *Opuscules et fragments inédits, extraits des manuscrits de la bibliothèque de Hanovre*. Edited by Louis Couturat. Repr. Hildesheim: Georg Olms Verlag, 1978. [C]
- . *Principes de la nature et de la grâce fondés en raison*. GP 6:607–23. [PNG]
- . *Principes logico-métaphysiques*. C 518–23. Translated by Michel Fichant. In Leibniz, *Recherches générales*, 459–64.
- . *Quid sit idea*. A 6-4:1370–371. Translated by Frédéric de Buzon. In Leibniz, *Recherches générales*, 444–45.

- . *Recherches générales sur l'analyse des notions et des vérités: 24 thèses métaphysiques et autres textes logiques et métaphysiques*. Edited by Jean-Baptiste Rauzy. Paris: Presses Universitaires de France, 2001. [Recherches générales]
- . *Sämtliche Schriften und Briefe*. Darmstadt-Berlin: Akademie-Ausgabe, 1923–. [A]
- . *Système nouveau de la nature et de la communication des substances, aussi bien que de l'union qu'il y a entre l'âme et le corps*. GP 4:477–87. [Système nouveau]
- . *Sur le principe de raison*. C 11–16. Translated by Jean-Baptiste Rauzy. In Leibniz, *Recherches générales*, 471–78.
- McRae, Robert. *Perception, Apperception and Thought*. Toronto: University of Toronto Press, 1976.
- Mahnke, Dietrich. *Unendliche Sphäre und Allmittelpunkt*. Halle: Niemeyer, 1937.
- Mates, Benson. *The Philosophy of Leibniz: Metaphysics and Language*. Oxford: Oxford University Press, 1986.
- Parmentier, Marc. "L'optimisme mathématique." In Leibniz, *Naissance du CD*, 11–52.
- Pascal, Blaise. "Essai pour les coniques." In Pascal, *Œuvres complètes*, 35–37.
- . "Generatio Conisectionum." In Pascal, *Œuvres complètes*, 38–42.
- . "L'introduction à la géométrie." In Itard, "L'introduction à la géométrie de Pascal," 103–7. [Introduction à la géométrie]
- . *Œuvres complètes*. Edited by Louis Lafuma. Paris: Seuil, 1963.
- Serres, Michel. *Système de Leibniz et ses modèles mathématiques*. 2 vols. Paris: Presses Universitaires de France, 1968. [Système de Leibniz]
- Swoyer, Chris. "Leibnizian expression." *Journal of the History of Philosophy* 33 (1995): 65–99.
- Taton, René, ed. *L'œuvre scientifique de Pascal*. Paris: Presses Universitaires de France, 1964.

