

# Physique du mouvement : analogies et métaphores

N. Daher

Institut FEMTO-ST, Université de Franche Comté, CNRS

## Résumé

Cet article entend rendre la physique du mouvement accessible aux non-spécialistes en ayant recours à des analogies et des métaphores. Sans rentrer dans les considérations physico-mathématiques, difficiles à saisir par les non-scientifiques, nous établirons des correspondances entre des notions abstraites et des formes concrètes, ce qui aide à comprendre l'évolution de certains concepts scientifiques sur l'idée de mouvement. On clôturera cet article en établissant une analogie entre les découvertes pratiques - développées à travers l'histoire du transport terrestre et aérien - et les découvertes théoriques - développées progressivement sur la physique du mouvement - en montrant tant l'intérêt des analogies que leurs limites et parfois même leur inadéquation, lorsqu'elles ne sont pas bien maîtrisées et contrôlées.

## Introduction

Comment le mouvement est-il conçu en science ? Il a fallu des millénaires pour comprendre qu'il ne suffit pas - comme on a pu l'affirmer - de marcher pour saisir ce qu'on entend par : « être en mouvement » : lorsque deux élèves quittent l'école et discutent en marchant, ils ne sont pas en mouvement l'un par rapport à l'autre, ce que Galilée illustre par son affirmation : « **le mouvement est comme rien** » (*sous-entendu le mouvement uniforme : sans accélération*).

En physique, on formule cette idée, associée au principe de relativité de Galilée, en disant que le mouvement n'est pas une notion absolue mais relative à un référentiel (ou repère), ce qui implique qu'on puisse être en mouvement et au repos en même temps suivant le repère auquel on se réfère. (*Chacun des deux élèves est au repos par rapport à l'autre mais aussi en mouvement par rapport à l'école.*)

Le mouvement - en tant que déplacement sur une trajectoire - requiert, pour être quantifié, une longueur (étendue spatiale) et une durée (étendue temporelle), dont le rapport conduit à la notion de vitesse, ce qui place les notions d'espace et de temps, à la base de ladite physique spatio-temporelle.

Cela correspond à la cinématique qui n'est pas suffisante pour résoudre les problèmes physiques, tel celui du choc élastique, qu'on rencontre lorsqu'on joue à la pétanque par exemple (*voir, à la fin de l'article, la Note 1 - sur le choc frontal élastique*). Pour résoudre un tel problème qui a été à la base de la théorie du mouvement (la dynamique), on doit introduire la matière, avec la notion de masse, attachée à chaque boule. Cette notion de masse rejoint celles d'espace et de

temps pour déterminer la dynamique, reliant la matière, exprimée par la masse, au mouvement, exprimé à travers la vitesse (rapport d'une longueur sur une durée, ou d'un espace sur un temps).

La résolution du problème du choc élastique frontal - où il s'agit de déterminer les vitesses des deux boules après le choc, connaissant leurs vitesses avant le choc - requiert deux équations à deux inconnues ; équations qui correspondent physiquement aux expressions relatives aux deux entités conservées que sont l'énergie et l'impulsion. C'est ainsi que la combinaison des principes de conservation et de relativité, va jouer un rôle majeur dans la constitution de la physique du mouvement (la dynamique).

*Dans l'histoire scientifique, à chaque fois qu'on a cherché à mettre en cause l'un ou l'autre de ces deux principes (relativité ou conservation), ils ont fini par être victorieux : de nos jours, ces deux principes constituent la base indispensable à la définition de la dynamique (colonne vertébrale de la physique).*

On pourrait croire que la science dynamique qui remonte au 17<sup>ème</sup> siècle est devenue, au 20<sup>ème</sup> siècle, pleinement comprise et maîtrisée, surtout avec l'avènement des révolutions relativiste et quantique. Mais, malgré les avancées scientifiques progressives des siècles passés et la synthèse effectuée dans la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle, un renouveau de la dynamique est apparu à l'aube du 21<sup>ème</sup> siècle. Celui-ci a débouché sur d'autres dynamiques (DSR : Doubly Special Relativity, FG : Finsler Geometry...) que celles bien-connues de Newton et Einstein.

Cette synthèse de la dynamique et les apports plus récents sont rappelés et complétés dans de récents articles [1-5], en établissant des liens avec leur histoire et philosophie sous-jacente ; liens rompus par la physique depuis le formidable essor de la science newtonienne. Ceci permet de réhabiliter certaines idées du passé, difficiles à formuler et à valider à leur époque, par manque d'outils formels appropriés et/ou de mesures physiques précises. C'est ainsi qu'à la lumière de nouvelles avancées en dynamique, des débats et controverses sur des problèmes anciens, tant scientifiques que philosophiques (querelle des forces vives ou encore l'opposition entre les cadres : analytique et architectonique par exemple) apparaissent sous un nouveau jour.

*On a tellement pris l'habitude de ne plus se référer au passé, du moins en science physique, où l'on ne s'intéresse qu'aux avancées scientifiques des dernières années, qu'on a fini par oublier cette sage citation de Tocqueville : « Quand le passé n'éclaire plus l'avenir, l'esprit marche dans les ténèbres ».*

## **Unités de mesures : conceptualisations anthropomorphiques**

Les unités de mesure de l'espace et du temps que sont le mètre et la seconde ont été choisies à l'échelle humaine : la longueur de nos pas est de l'ordre du mètre et le battement de notre cœur de l'ordre de la seconde - comme d'ailleurs la période de nos pas lors de la marche. Notre physique - du moins celle développée au 17<sup>ème</sup> siècle - construite à l'échelle de l'homme et de ses activités quotidiennes, reste anthropomorphique. La matière est quantifiée par la masse, avec comme unité de mesure le kilogramme, ce qui correspond, à peu près, à la masse d'une boule de pétanque. La force newtonienne :  $F = ma$  (produit d'une masse par une variation de

vitesse : l'accélération) combine masse, espace et temps - ou matière, longueur et durée - symbolisées par : M, L et T, avec  $F \approx ML/T^2 \approx \text{Kg m/s}^2$ .

Au-delà du choix de ces unités de mesure, la conception même de l'espace comme de la matière sont elles aussi anthropomorphiques (humaines trop humaines dirait Nietzsche). En effet, les intuitions qui sous-tendent la notion d'espace comme celle de matière, telles qu'elles sont introduites par Newton, font la part belle au canal visuel aux dépens des autres canaux de perception. Ces notions s'obtiennent en considérant une pièce contenant toutes sortes d'objets avant d'effectuer, par la pensée, une extension illimitée des parois de la pièce (espace infini) et une réduction à néant de chaque objet qu'elle contient (point matériel). L'espace vide et infini de Newton correspond à l'image d'une pièce vidée de ses meubles et dont les parois sont projetées à l'infini. Quant au point matériel, il correspond à l'image d'un objet physique quelconque dont les dimensions (longueur, largeur et hauteur) sont infiniment rétrécis, se réduisant ainsi à des points (désignés par des nombres réels positifs : leurs masses). Pour ce qui est du temps, il permet, en particulier, à ce que deux objets puissent occuper, à deux instants différents, une seule et même place, ce qui donne plus de degrés de liberté à toute géométrie figée. On parle alors de chrono-géométrie.

*Les figures géométriques n'ont plus la même forme lorsqu'elles sont rapportées à la chrono-géométrie : il suffit de tracer la figure d'un carré sur une feuille de papier qui serait en mouvement lors de l'opération de traçage. Le même mouvement de la main, conduisant habituellement à la figure d'un carré donnera lieu à différentes figures selon le sens du mouvement de la feuille de papier et sa magnitude.*

La vitesse, à la base de la conception spatio-temporelle du monde sensible, correspond par définition, au rapport d'une longueur sur une durée (finies ou infinitésimales). Cette façon de définir le mouvement reste intimement liée à la perception visuelle, et donne l'impression qu'un aveugle serait incapable de saisir l'idée de mouvement physique. Comme on le verra plus loin, cette conception spatio-temporelle du mouvement sera reprise, complétée et étendue, en particulier avec l'avènement de la mécanique quantique où les notions d'espace et de temps semblent poser, à l'échelle microscopique, plus de problèmes qu'elles n'en résolvent, ce qui a conduit à une révision de la dynamique (i.e. la théorie du mouvement) où la cinématique, avec sa métrique spatio-temporelle, n'est plus requise et encore moins fondatrice. Ainsi, la dynamique devient autonome, indépendante de toute cinématique préalable.

Ces réserves à propos de la conception analytique spatio-temporelle ne sont pas nouvelles. Elles sont apparues au 17<sup>ème</sup> siècle, mais il était difficile alors de dépasser la représentation anthropomorphique locale, au profit d'une représentation panoramique globale, proposée par la démarche dite architectonique de Leibniz, avec son perspectivisme infini. Cette dernière étend, complète et explique les approches analytiques usuelles, limitées chacune à une seule perspective. Précisément, au lieu de se donner un point de vue (ou perspective) à l'avance, l'approche architectonique opère sur un cadre indépendant de tout point de vue, avant d'en engendrer une multitude dont ceux développés progressivement au cours de l'histoire scientifique [1].

## Cinématique et dynamique

Alors que pour Newton, avec ses notions d'espace et de temps la cinématique précède la dynamique et prépare son avènement, en permettant de mesurer le mouvement dans l'espace et le temps, pour Leibniz, la dynamique est autonome : elle n'a pas besoin d'une cinématique préalable. Mieux encore, elle est en mesure d'engendrer la cinématique, avec son cadre spatio-temporel [3].

*Afin que ses contemporains puissent saisir son idée sans entrer dans les détails physiques et/ou mathématiques, Leibniz utilise l'image signifiante d'un « corps élastique dont l'extension crée son propre espace », suggérant ainsi l'autonomie de la dynamique et sa primauté par rapport à toute métrique spatiale (et plus généralement spatio-temporelle).*

## Critique leibnizienne de la conception mécaniste du monde

Leibniz ne se contente pas de viser localement, en ayant recours à la simple perception visuelle, mais il cherche à voir globalement avec l'œil de la raison qui, comme le rappelle F. Nef [6] : « parle à l'entendement plutôt qu'aux yeux ». Et c'est cela qui le conduit à son perspectivisme infini où le dépassement de la simple perspective visuelle ouvre sur un ensemble potentiellement illimité de perspectives, par ailleurs compatible avec la structure interne de la science dynamique. Ainsi, Leibniz cherche à étendre et à compléter l'apport de ses contemporains en critiquant les concepts physiques issus de la philosophie mécaniste, considérés trop anthropomorphiques, se rapportant à la seule échelle humaine, située entre celles du microcosme et du macrocosme.

Au delà de l'approche d'autres philosophes - Pascal, Spinoza... - celle de Leibniz n'était pas seulement philosophique mais aussi scientifique, directement liée à ses connaissances en dynamique (*terme introduit par Leibniz, pour la physique d'un corps en mouvement*). En effet, Leibniz était l'élève de Huygens qui fut le premier à avoir bien posé le problème du choc élastique frontal, en corrigeant Descartes et en montrant la nécessité d'avoir deux entités conservées au lieu d'une seule. Et si Huygens a su combiner les principes de relativité et de conservation, dont l'importance avait déjà été soulignée par Descartes, sa démarche était limitée à un unique monde dynamique, saisi à travers une seule perspective (ou point de vue).

Le monde en question qui correspondait à une structure parabolique semblait lui aussi trop restrictif, au regard des investigations physico-mathématiques de Leibniz. *On peut se référer à la Note 2 : « Sur les mondes possibles et compossibles ».*

Cette double limitation à un unique monde et une seule perspective apparaît trop réductrice par rapport à la conception architectonique de Leibniz, homme des mondes possibles et de la multitude de perspectives (ou points de vue) sur chaque monde ! La physique usuelle reste étrangère et éloignée de cette double multiplicité conceptualisée par Leibniz au 17<sup>ème</sup> siècle, mais dont la formalisation et la validation physique n'ont été accomplies que ces dernières années [1-5].

**Remarques :** Afin que son *perspectivisme infini* soit à la portée de tous, Leibniz a recours à la métaphore de la ville où il établit une analogie avec une ville observée sous tous les angles et à différentes distances, dont le nombre est justement illimité, ce qui permet d'en recueillir un maximum d'information. Certes, cette analogie permet de comprendre le caractère infini du *perspectivisme leibnizien* mais celle-ci se révèle insuffisante si l'on se contente de considérer la métaphore de la ville ou celle d'un quelconque objet observé selon divers angles.

De la même manière que, pour comprendre ce qu'est le mouvement, tel qu'il est conçu par la science physique, il ne suffit pas, comme déjà noté, de donner l'exemple de la marche, sans plus de précisions, pour comprendre le *perspectivisme de Leibniz*, il ne suffit pas de donner l'image des diverses facettes projetées sur un écran d'un objet quelconque, sans préciser certaines particularités de l'objet en question (voir la Note 3 - Sur la notion de point de vue).

Huygens avait certes corrigé la dynamique cartésienne, mais son esprit pragmatique, visant à résoudre le cadre dynamique particulier, initié par Descartes, l'a empêché de tirer toutes les conséquences découlant logiquement de la dynamique qu'il venait d'établir. Et c'est Leibniz qui va se charger de poser le problème de façon systématique et dans toute sa généralité.

En témoigne cette citation tirée du livre de M. Guérout « Dynamique et métaphysique leibnizienne, Paris 1934, p. 97 » : « dans l'utilisation des données fournies par Huygens, l'esprit philosophique de Leibniz se manifeste par la synthèse méthodique des grands principes de conservation et par une coordination systématique des diverses propositions, d'où surgissent des thèses à répercussions métaphysiques que Huygens néglige ou récuse ».

Au lieu d'être suivie et améliorée, grâce à de nouveaux apports tant physiques que mathématiques, cette synthèse méthodique des grands principes de conservation et sa coordination systématique, initiée par Leibniz, dans sa démarche architectonique, a été occultée et oubliée jusqu'à ces dernières décennies.

Si l'architectonique de Leibniz est bien connue des philosophes, elle est restée lettre morte en science physique durant des siècles. Elle a même été dénigrée tout au long de la période newtonienne, considérant à tort, que la métaphysique leibnizienne est dépourvue de toute légitimité scientifique. Or, comme on le verra plus loin (particulièrement dans l'annexe A), cette métaphysique va se révéler parfaitement compatible avec la structure formelle de la dynamique, telle qu'elle apparaît déjà chez Huygens, le maître de Leibniz en mécanique.

L'une des critiques majeures adressée à Leibniz, concerne l'infinité dont il se réclame, à travers ses mondes possibles et les points de vue sur chaque monde. En effet, ceci ne peut nullement être confronté aux différents types de mesures expérimentales, par essence, finies. Mais il y a là une méprise car si Leibniz ancre sa démarche dans une multitude illimitée de mondes possibles, avec une infinité de perspectives sur chaque monde, cela n'apparaît qu'au début, dans la phase initiale : les contraintes ultérieures imposées par les principes physiques vont limiter considérablement cette double infinité, ce que Leibniz résume par : « Beaucoup d'appelés mais peu d'élus ».

Si Leibniz tient à sa double infinité, c'est parce que toutes les raisons qu'on invoque pour sélectionner un point de vue ou un autre se révèlent insuffisantes. Aucune justification rationnelle n'est possible : que des justifications insuffisamment fondées. Et c'est pour remédier à cette

insuffisance que Leibniz introduit son principe métaphysique de raison suffisante suivi par celui de plénitude qui en découle et qui permet au nombre infini de points de vue de s'actualiser [1].

*Précisions complémentaires : Cette vision démesurée et infiniment infinie de Leibniz, avec sa double multiplicité illimitée (celle des mondes et points de vue) lui a été reprochée, pour sa trop grande généralité, semblant relever de la pure métaphysique, au mieux des mathématiques formelles et abstraites, nullement de la physique concrète. Pourtant, Leibniz avait bien souligné que cette généralité, par ailleurs, compatible avec la structure formelle de la dynamique, devait être soumise aux principes de relativité et de conservation, ce qui la limiterait forcément, sans pour autant la réduire à la démarche analytique usuelle (un monde décrit à travers un point de vue).*

## **L'ordre architectonique versus l'ordre analytique**

L'approche architectonique de Leibniz conduit à des conséquences majeures sur la méthodologie à développer : le simple fait de ne pas se laisser piéger et abuser par le seul canal visuel - ou tout autre canal perceptif - donnant lieu à un unique point de vue (ou perspective), ouvre inéluctablement sur l'infinité de perspectives souhaitée par Leibniz.

W. Blake va dans ce sens lorsqu'il affirme : « *Si les portes de la perception étaient nettoyées, chaque chose apparaîtrait à l'homme telle qu'elle est : infinie* ».

C'est le cas en dynamique : l'état de repos est caractérisé usuellement par un simple point mathématique, limite d'une courbe (formalisée à travers la notion de fonction). Cet état se trouve complexifié à l'infini, en étant décrit désormais comme « point d'accumulation », limite d'une infinité de courbes qui se rejoignent en convergeant vers un point fixe (origine) selon une tangente commune. Le passage de l'état de repos à celui de mouvement ne correspond plus à un point dont le prolongement donne lieu à une courbe mais à une structure infiniment arborescente composée d'une infinité de courbes (les perspectives). On notera cependant que seules quelques perspectives se révèlent utiles à la physique de par leurs propriétés remarquables, singulières et opérationnelles.

*Métaphoriquement, on peut dire que le passage du repos au mouvement chez Leibniz s'apparente à une graine (vivante) dont la croissance donnera naissance à un arbre, alors que chez Newton (vision atomiste, fondée sur la notion de force) - suivi par les physiciens - ce même passage s'apparente à un grain de sable (inerte) qui se meut au gré de la force du vent.*

Afin d'être complet, il convient de noter que des changements majeurs ont eu lieu depuis la conception newtonienne où divers points de vue complémentaires ont vu le jour grâce au déploiement de la méthode analytique, selon différentes versions : variationnelle, géométrique ou dynamique. *L'Annexe B rappelle brièvement l'histoire de la physique du mouvement, en passant par les révolutions relativiste et quantique. Ces révolutions ont apporté des avancées physiques remarquables en multipliant les points de vue rationnels, synthétisés dans la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle [7-11].*

## **Objectivité scientifique**

La multitude des points de vue rationnels a conduit à un certain relativisme cognitif laissant croire que la science physique correspond à un cadre de pensée subjectif. Et c'est pour contrer cette attitude erronée (défaitiste) et fournir à la science une meilleure objectivité que la démarche architectonique a été développée. A ce propos, rappelons que l'objectivité scientifique usuelle (analytique) correspond, en effet, à une « *subjectivité objectivée par l'expérience* ». Elle se traduit par un point de vue, certes, subjectif - introduit à l'intérieur de la théorie par le sujet - mais néanmoins validé par la mesure expérimentale - extérieure à la théorie - qui garantit une certaine forme d'objectivité. Avec l'architectonique, la subjectivité théorique, due à l'introduction, par le sujet, d'un point de vue ou d'un autre se trouve éliminée au profit d'une objectivité théorique, due au caractère intrinsèque ou « hors points de vue » de l'architectonique. Ainsi, la subjectivité théorique (interne) de l'approche analytique, alliée à l'objectivité expérimentale (externe) se trouve transcendée, par l'approche architectonique, avec sa double objectivité : théorique et expérimentale, interne et externe.

## **Représentation imagées des mondes et des points de vue : arbres et forêt**

Dans le cadre architectonique, chaque monde peut être représenté par un arbre alors qu'habituellement, dans le cadre analytique, il correspondrait à une simple branche. Notons d'ailleurs que si la dénomination « branche » n'apparaît nulle part dans le cadre analytique, c'est parce qu'une « branche » présuppose l'existence d'un arbre, ce qui n'est pas à la portée de la démarche analytique, quelle qu'en soit la version (variationnelle, géométrique, dynamique...).

Comme chaque monde, vu à travers l'architectonique, correspond à un arbre, la multitude des mondes possibles (i.e. compatibles avec les principes de relativité et de conservation) constitue une forêt où chaque monde se trouve représenté par un arbre dont les branches constituent les points de vue. Mais, rien de tel n'est envisageable dans le cadre analytique dépourvu de toute arborescence et/ou embranchement.

L'ordre architectonique, avec son perspectivisme infini, fait passer de la notion de fonction, géométriquement représentée par une courbe régulière, à celle de multi-fonction, représentée (en dynamique) par une structure infiniment arborescente : la fonction se trouve ainsi multipliée à l'infini, en raison de l'infinité de courbes, propres à la structure architectonique.

*Pour le passage de l'analytique - avec son unique perspective - à l'architectonique - avec son perspectivisme infini - on peut allégoriquement évoquer la métamorphose qui fait passer de la chenille, rampant sur la branche d'un arbre, au papillon, capable non seulement de se mouvoir sur chaque branche mais aussi de s'envoler d'une branche à l'autre, pour explorer l'arbre entier. Les innombrables degrés de liberté, à la portée du papillon (cadre architectonique) manquent à la chenille (cadre analytique).*

## **Analogie entre découvertes pratiques et théoriques du mouvement**

Nous allons établir une analogie entre les découvertes pratiques, développées à travers l'histoire du transport terrestre et aérien, et les découvertes théoriques, en lien avec la physique

du mouvement telle qu'elle s'est développée dans l'histoire scientifique. Ceci donnera une vue, certes, incomplète mais néanmoins concrète et saisissable à travers des exemples plus faciles à cerner et à appréhender que les abstractions qui nécessitent un travail proprement scientifique.

De la même manière que la charrette, tirée par des chevaux, a précédé la voiture motorisée (autonome) qui, à son tour, a précédé l'avion (doublement autonome : n'ayant plus d'attache au sol et encore moins au cheval), le cadre analytique spatio-temporel a précédé le cadre analytique non spatio-temporel (autonome) qui, à son tour, a précédé le cadre architectonique (doublement autonome : n'ayant plus d'attache à un point de vue et encore moins à celui spatio-temporel).

Rappelons que les démarches analytiques, appliquées à la physique du mouvement, développées jusqu'au 20<sup>ème</sup> siècle, avaient besoin des deux notions d'espace et de temps pour être édifiées, *à l'instar des charrettes tirées par deux chevaux (l'espace et le temps)*. Il a fallu attendre la moitié du 20<sup>ème</sup> siècle pour définir le mouvement directement et de façon interne sans avoir besoin d'un quelconque lien externe à l'espace et au temps (ou à l'espace-temps), *à l'instar des voitures motorisées n'ayant plus besoin, pour se mouvoir, d'un quelconque lien externe (ici les chevaux)*.

Il y a là une nouvelle conception de la dynamique, passant d'une philosophie de l'être (*où le mouvement est défini par ce qu'il est, à travers le rapport d'une longueur sur une durée*) à une philosophie de l'acte (*où le mouvement est défini par ce qu'il fait, à travers la manière dont il se compose*). Et cette nouvelle conception a été justement rapprochée de celle de Leibniz [7], mais, un regard plus fin et plus précis sur le parcours de Leibniz révèle que ce rapprochement est parcellaire et incomplet : Leibniz ne s'est pas contenté d'affirmer que la dynamique était autonome mais qu'elle pouvait aussi être abordée indépendamment de tout point de vue avant d'en déterminer une infinité (son perspectivisme infini). Or, que l'on adopte un point de vue spatiotemporel ou non-spatiotemporel, la dynamique reste ancrée dans l'analytique, *à l'instar de tout véhicule terrestre qu'il soit tiré par des chevaux ou motorisé*. Dans un cas comme dans l'autre, le véhicule repose sur le sol. Et ce n'est qu'avec la dimension architectonique, qu'on s'affranchit de tout ancrage dans l'analytique, *à l'instar d'un avion*, capable d'une vue panoramique permettant de visualiser les différents trajets terrestres. La contrepartie de cette visualisation des différents trajets terrestres correspond à la détermination, par l'architectonique, des divers points de vue.

**Remarque :** Au-delà de ces analogies et correspondances, il importe de noter que, tant en pratique qu'en théorie, le début de chaque changement radical s'accompagne de critiques et rejets plus ou moins violents. C'est ainsi que lorsque les premières voitures motorisées avaient été mises sur le marché, elles ont été sévèrement critiquées et rejetées par le public, en raison de l'absence de routes appropriées, du manque de règles de conduite, de l'état rudimentaire du moteur qui tombait fréquemment en panne, du bruit occasionné et de bien d'autres désagréments. L'habitude étant une seconde nature, il s'agit là d'un phénomène universel qui apparaît à chaque fois que les traditions et coutumes sont bousculées. Il ne faut donc pas s'étonner de voir que la même attitude ait été observée, chez les physiciens, lorsque la physique spatio-temporelle, à laquelle on s'était habituée durant des siècles a commencé à être mise en cause et considérée comme irrémédiablement insuffisante. Et ce rejet se trouve renforcé du fait que, comme c'est souvent le cas, les premières tentatives et descriptions formelles sont plus ou moins



convaincantes alors que la formulation mathématique du cadre spatiotemporel frôlait la perfection, ayant eu largement le temps d'être revue, corrigée et améliorée, à travers les siècles. La leçon qu'on peut en tirer est que : « *mieux vaut boiter sur le chemin de la vérité scientifique que de rouler à toute allure sur une autoroute qui mène à l'impasse* ». Ici, l'impasse correspond à l'impossibilité d'accéder à une réelle objectivité scientifique par une quelconque approche analytique aussi perfectionnée soit-elle.

## **Retour à Leibniz et conclusion**

L'une des conséquences de l'approche architectonique - intrinsèque et objective - est sa capacité de pacifier les esprits qui, en raison des perspectives analytiques concurrentes - extrinsèques et subjectives - étaient jusqu'ici proies à la discorde et la controverse. Avec l'architectonique, les perspectives trouvent chacune sa juste place au sein d'une unité harmonieuse où la complémentarité l'emporte sur l'opposition. Cette unité architectonique, ressemble à celle d'une formation musicale dirigée par un chef d'orchestre qui guide ses musiciens sans en faire partie. Transcendant l'ensemble des musiciens, le chef d'orchestre est, en effet, vital et garant de l'unité harmonique : il est partout, par les ordres qu'il donne aux musiciens mais, en même temps, il n'est nulle part, puisqu'il ne produit aucun son.

Dans sa conception de l'unité dans la multiplicité, Leibniz distingue trois formes d'unités différentes et irréductibles : (i) l'unité agrégative (celle du tas de pierre : interaction accidentelle), (ii) l'unité organique (celle du corps humain : interaction essentielle) et (iii) l'unité harmonique (celle d'une symphonie : sans interaction). Et c'est vers cette harmonie musicale qu'il s'oriente pour expliquer l'unité harmonieuse, qu'il place à la base de sa démarche architectonique.

L'image concrète du chef d'orchestre, dont dépend l'harmonie musicale engendrée par les différents musiciens, à travers l'exécution de leurs partitions complémentaires, trouve sa contrepartie, en dynamique leibnizienne, dans la notion abstraite de « raison mathématique », dont dépend l'harmonie architectonique engendrée par les différentes perspectives, à travers leurs propriétés complémentaires ; perspectives (appelées aussi « monades ») sujettes à une certaine hiérarchisation dans la philosophie de Leibniz.

La démarche architectonique est si vaste et exigeante qu'elle n'a pu être conceptualisée correctement par Leibniz, que vers la fin de sa vie, lorsqu'il a compris que pour lever les ambiguïtés et contradictions, avec lesquelles il se battait, il fallait qu'il remplace la notion de « monade dominante » (i.e. la meilleure perspective) par la « Monade des monades » (la Perspective des perspectives) [12]. C'est ainsi que Leibniz entendait accéder à un cadre de pensée suffisamment général et englobant susceptible d'engendrer une infinité de perspectives qui n'ont pu être formulées par les mathématiques et chiffrées pour la physique que très récemment [1]. Comme Leibniz l'avait suggéré sans en fournir de démonstrations formelles, ces perspectives sont reliées entre elles à travers une suite infinie de fonctions régies par une « raison mathématique », dont les itérations successives et sans fin engendreraient ledit « perspectivisme infini de Leibniz ». Ce perspectivisme rationnel et relationnel, établit un lien entre une Essence et ses multiples modes d'existence, entre un Tout et ses innombrables parties, que Leibniz nomme : « lien substantial » [12].

***Remarque :** Cette démarche leibnizienne est en rapport avec la conception vitaliste (ou organiciste) qui remonte à Aristote, opposée à la conception mécaniste qui s'est développée à partir du 17<sup>ème</sup> siècle, avec Descartes, Newton et leurs successeurs, jusqu'à nous. L'annexe C présente de façons métaphorique et concise cette opposition qui sera approfondie et affinée ultérieurement. Même si elle n'est pas suffisamment précisée, elle a sa place ici où les analogies et métaphores servent à saisir des points habituellement réservés aux seuls scientifiques.*

Cette conceptualisation leibnizienne était certes ambitieuse et prometteuse, mais sa formalisation et son application à la physique n'étaient pas faciles à l'époque de Leibniz et il en était pleinement conscient. Il a fallu attendre des siècles pour qu'elle soit enfin formalisée [1-5] alors qu'il croyait que ses successeurs directs allaient pouvoir achever ce qu'il avait fini par comprendre vers la fin de sa vie. Mais, avec l'essor croissant et progressif de la conception mécaniste du monde, issue de la philosophie cartésiano-newtonienne, formalisée par les approches analytiques, moins ardues et plus simples à formuler que la démarche architectonique, les successeurs de Leibniz ont progressivement oublié cette conception architectonique : trop exigeante pour les uns (optimistes et indulgents), déficiente pour les autres (pessimistes et défaitistes). Et c'est l'approche analytique, avec Descartes, Newton, d'Alembert, Lagrange... qui a triomphé durant des siècles.

On aurait pu croire que la conception architectonique resterait confinée au sein de la métaphysique, dans l'attente éventuelle de sa possible formalisation pour devenir scientifiquement recevable. Mais elle a fini par être considérée comme l'exemple même de ce qu'il ne faut pas faire en physique. Et c'est cette condamnation abusive et excessive, par les physiciens, qui explique qu'il ait fallu attendre des siècles pour renouer avec l'architectonique et montrer enfin son intérêt pour les fondements de la physique. On peut remarquer d'ailleurs que le retour à l'architectonique leibnizienne, ne s'est pas produit directement en reprenant la conception leibnizienne mais indirectement, à la suite des difficultés, et des contradictions rencontrées par le seul recours à la méthodologie analytique. C'est pour remédier à ces déficiences que s'est imposé - avec succès - le développement d'un cadre supra-analytique. Et on a constaté que ce nouveau cadre était très proche, voire quasiment identique à ce que Leibniz voulait promouvoir avec son « architectonique » !

Pour terminer, osons une dernière analogie relative au passage du cadre analytique, avec son perspectivisme individuel, progressif et indépendant, à celui architectonique, avec son perspectivisme collectif, simultané et interdépendant. Cela s'apparente au passage de l'éclairage par lampe à huile à l'éclairage électrique. De nos jours, il suffit d'appuyer sur un bouton pour que les rues d'une ville soient automatiquement et simultanément éclairées, alors que jadis cette même tâche était effectuée manuellement et progressivement par lesdits « allumeurs de réverbères ». Métaphoriquement, on peut dire que les diverses démarches analytiques (dynamique, géométrique, variationnelle...), éclairant chacune une perspective particulière, opèrent manuellement et individuellement à la manière des « allumeurs de réverbères » (éclairage par lampe à huile). En revanche, la démarche architectonique de Leibniz, éclairant de multiples perspectives à la fois, opère automatiquement et collectivement comme pour l'éclairage électrique, en mesure d'éclairer instantanément toutes les rues de la ville.

## **Note 1**

**Le choc frontal élastique :** *L'expérience montre que lorsqu'un objet sphérique A (au repos) se trouve heurté frontalement par un objet identique B, il acquiert la vitesse de B pendant que ce dernier s'immobilise. On dit alors que l'énergie cinétique de B est transférée à A. Ceci s'explique par le fait que les objets en question ne sont pas durs mais élastiques. C'est Leibniz qui a signalé cet effet « ressort » où le choc fait apparaître une compression (invisible à l'œil) des deux objets. Ce n'est donc pas B qui pousse A, comme on aurait tendance à le croire, mais c'est la compression de l'objet A, produite par la collision qu'il subit, qui le fait passer de l'état de repos à l'état de mouvement. On peut d'ailleurs remplacer cette expérience par une autre (initialement statique), permettant ainsi de faire voir ce qui se passe exactement. C'est comme lorsqu'on comprime un petit ressort en l'appuyant sur un mur, avant de le lâcher instantanément. En termes physiques, on dit alors que l'énergie potentielle accumulée par la compression du ressort se trouve libérée et convertie en énergie cinétique, d'où le passage de l'état de repos à l'état de mouvement. Ainsi, l'effet du mouvement de B sur A est remplacé par l'effet du pouce qui comprime le ressort en l'appuyant sur un mur, conduisant au même résultat final.*

## **Note 2**

**Les mondes possibles et « compossibles » :** *A la lumière de ses investigations mathématiques sur les fonctions paires et impaires, Leibniz souligne le caractère local de la dynamique parabolique de son époque. En effet, sachant que l'ensemble infini de fonctions paires se réduit localement à une forme parabolique, il s'en suit que le monde parabolique, développé à son époque, peut n'être que le reflet local d'une multitude de mondes possibles ! Ainsi, à la multitude des perspectives, précisée dans le texte principal, vient s'ajouter celle des mondes possibles. Mais le nombre illimité de ces mondes possibles, issu de la structure formelle de la dynamique, sera extraordinairement limité par les contraintes qu'imposent la physique, où la notion de possible se réduira à celle de « compossible » (i.e. compatible avec les principes physiques de relativité et de conservation). La démarche architectonique de Leibniz considère d'abord des ensembles indéterminés tant des mondes que des perspectives, ce qui lui octroie une extraordinaire richesse structurelle tout en restant compatible avec la structure mathématique associée à la dynamique. Et c'est progressivement que se produit le passage d'une indétermination totale à une détermination complète en passant par une phase intermédiaire sous-déterminée (déterminée pour les mondes, indéterminée pour les perspectives ou points de vue).*

*A propos de la dynamique, il convient de rappeler qu'en développant son calcul infinitésimal (en langage moderne : calcul différentiel et intégral), Leibniz s'aperçoit de l'importance de ce qu'il appelle des « expressions transcendantes », qui correspondent aux fonctions dont le développement en série est infini. Or, à cette époque, seules les « expressions dites algébriques », hérités de Descartes et dont le développement en série est fini étaient prises en compte, ce qui limitait drastiquement l'étude de la dynamique ainsi que bien d'autres problèmes physiques. D'ailleurs, Leibniz s'inspire du problème de la chaînette dont la solution initiale était parabolique (développement fini d'ordre deux) avant d'être corrigée en montrant son caractère hyperbolique (développement infini). Et ce problème qui avait été résolu par différents auteurs, adoptant chacun un point de vue différent de l'autre, a fait forte impression sur Leibniz qui a voulu l'étendre à d'autres problématiques dont celle de la dynamique. Et c'est*

ainsi que sa démarche métaphysique dite architectonique (par opposition à analytique) a trouvé une assise solide au sein de la science physique.

### **Note 3**

**La notion de point de vue :** *Pour lever toute ambiguïté concernant l'idée de point de vue, il convient de préciser que si une telle idée peut être associée à une projection, illustrée par l'image d'une ombre projetée sur un écran, il ne s'agit pas de n'importe quelle ombre mais de celle obtenue par projection sur un objet **translucide** laissant passer une partie de la lumière. On obtient ainsi une information complémentaire à celle strictement géométrique.*

*A titre d'exemple, considérons deux ombres correspondants à deux surfaces circulaires (disques) obtenues suites aux projections (à partir de la direction de leur axe de révolution) sur deux objets translucides : l'un cylindrique, l'autre conique. Ces deux ombres ne seront pas identiques : les disques feront apparaître une luminosité homogène, pour le cylindre, et hétérogène, pour le cône (luminosité claire sur le bord du disque et de plus en plus foncée à mesure que l'on se rapproche du centre). Sans cette différence de luminosité, il ne sera pas possible de savoir si l'ombre en question provient du cylindre ou du cône. En effet, pour remonter à l'origine de l'objet considéré, deux informations complémentaires sont nécessaires. De même, pour remonter à la structure intrinsèque de la dynamique, deux informations complémentaires sont requises. En dynamique, elles sont fournies par les expressions de l'impulsion et l'énergie, exprimées à travers l'un ou l'autre des paramètres du mouvement, selon le point de vue adopté.*

Nous avons là un exemple type de l'intérêt de l'analogie mais aussi du risque qu'on prend à trop vouloir simplifier. Il y a des limites à la simplification : si l'on veut que le simple et approprié ne devienne pas simpliste et inadéquat, il importe de proposer une analogie bien maîtrisée et contrôlée, qui respecte les éléments principaux de la structure abstraite ; éléments devant être présents dans la structure (analogique) concrète. Or, cela n'est pas toujours facile à réaliser d'où les analogies insuffisantes et partielles qu'on rencontre dans les livres et articles de vulgarisation. Rendre concret un objet d'étude trop abstrait, vulgariser sans être vulgaire est tout un art qui demande un effort de concentration et d'attention aux principaux aspects devant être préservés.

**Remerciements:** Je voudrais remercier C. A. Risset pour sa critique constructive et les corrections qu'il a apportées à cet article.

### **Références**

- [1] N. Daher, "Dynamics: Intrinsic and Relational Presentation", *Fundamental Journal of Modern Physics*, Volume 12, Issue 2, 2019, Pages 49-64.
- [2] N. Daher, "Dynamics: From analytical principles to architectural theorems", *Fundamental Journal of Modern Physics*, Volume 13, Issue 1, 2020, Pages 1-10.
- [3] N. Daher, "Dynamics: From Architectonics to Geometry", *Fundamental Journal of Modern Physics*, Volume 13, Issue 1, 2020, Pages 35-48.

- [4] N. Daher, “Dynamics: Architectonics in (1+3) dimensions”, *Fundamental Journal of Modern Physics*, Volume 14, Issue 1, 2020, Pages 1-21.
- [5] C.A. Risset : L’appropriation du monde, *Bulletin de l’UDP*, oct. 2022
- [6] F. Nef, “Leibniz et le langage”, *Philosophies PUF* 2000
- [7] C. Comte, Was it possible for Leibniz to discover relativity ? *Eur. J. Phys.* **7** 225-235 (1986).
- [8] C. Comte, Langevin et la dynamique relativiste. In *Epistémologiques*, V 01.2, 1-2, EDP Sciences, Paris, (2002).
- [9] B.V. Landau and S. Sampanther, “A new derivation of the Lorentz transformation, *American Journal of Physics* 40, 599-602 (1972)
- [10] J.M. Lévy-Leblond and J.P. Provost, Additivity, rapidity, relativity. *Am. J. Phys.* 47(12),1979.
- [11] J.M. Lévy-Leblond, Speed(s) *Am. J. Phys.* 48(5), May (1980).
- [12] S. Carvallo plus, “Leibniz”, *Les Textes Essentiels*, Hachette 2001
- [13] « Séminaire Epiphymaths – Université de Franche-Comté »  
 Jeudi 17 octobre 2024 : Naoum Daher. *Rationalité et objectivité scientifique*.
- [Sur la rationalité et l’objectivité en physique;](#)
  - [Remèdes aux insuffisances de la rationalité analytique;](#)
  - [La démarche architectonique leibnizienne appliquée à la dynamique.](#)

## Annexe A

### L’architectonique de Leibniz et son perspectivisme infini

Leibniz a remis en cause la vision mécaniste - anthropomorphique - de la physique spatio-temporelle à l’élaboration de laquelle il avait participé. Il était en quête d’un fondement scientifique objectif et rationnel, devant être affranchi de la subjectivité de l’homme, car le réel dépasse la seule échelle humaine, à mi-chemin entre celles du microcosme et du macrocosme. Si cela a été reproché, à la vision mécaniste par divers philosophes (Pascal, Spinoza...), Leibniz est le seul à avoir accompagné sa critique par des arguments proprement physiques, issus des soubassements de la dynamique de Huygens - son maître en mécanique, qu’il cherchera à dépasser. Cette exigence remet en cause l’étroitesse de l’approche analytique, limitée à une seule perspective (ou point de vue), celle-là même que Descartes avait initiée même s’il ne l’a pas appliquée convenablement en dynamique

Leibniz ne se satisfait ni de la perspective spatio-temporelle ni même d’aucune autre perspective : il est en quête d’un cadre de pensée susceptible de rendre compte d’une infinité de perspectives. Cette attitude ancrée dans sa philosophie est connue sous le nom de : « Perspectivisme infini de Leibniz ». Il est déraisonnable, selon lui, de ne retenir qu’une perspective alors qu’il en existe une infinité ! C’est ce qui le conduit à dépasser l’ordre analytique, dans ses différentes versions, reflétant chacune une perspective, en y introduisant un ordre multiple supra-analytique (dit architectonique) rationnel et relationnel, à la base de son perspectivisme infini.

Après avoir suivi le point de vue analytique de Huygens, en dynamique, Leibniz s'en est détaché pour définir la dynamique à travers la combinaison des principes de relativité et de conservation désormais exprimés à travers son calcul infinitésimal, de façon générale et intrinsèque, indépendamment de tout point de vue. En procédant ainsi, il pointe la nécessité d'inspecter objectivement la structure de la dynamique, en tant que telle et pour elle-même, sans rien y mettre de soi-même, évitant ainsi de l'appauvrir par des considérations qui relèveraient de son propre et unique jugement subjectif. C'est ce qui va le conduire à son perspectivisme infini, s'inspirant de la métaphysique de l'être chez Aristote, en la prolongeant et la remaniant afin d'être en accord avec ses investigations mathématiques et sa conception du monde physique.

Sur le plan métaphysique, Leibniz retient la leçon d'Aristote, selon lequel, « *l'être se dit de différentes manières* », mais cette ouverture à la diversité de perspectives n'implique nullement que Leibniz adhère pleinement à ce qu'Aristote entendait par cet énoncé. En effet, sachant qu'un même énoncé peut signifier différentes choses, en raison de la polysémie du langage, lorsque Leibniz trouvait une expression joliment formulée par d'autres, pouvant résumer succinctement sa conception de la nature, il n'hésitait pas à se l'approprier mais aussi et surtout à la préciser afin qu'elle reflète exactement ce qu'il entend par là, évitant ainsi toute ambiguïté et confusion. C'est ainsi qu'il se réclame de la métaphysique d'Aristote tout en l'adaptant à sa propre conception de la nature. D'ailleurs, le perspectivisme aristotélicien reste indéfini tant qu'on ne l'a pas relié à la dimension physico-mathématique, issue de la structure de la dynamique. Cette structure formelle précisée et clarifiée plus loin va se révéler en parfait accord avec le caractère infini du perspectivisme leibnizien.

Il importe de noter que Leibniz garde une certaine continuité avec la philosophie et la métaphysique antérieures (de l'antiquité et du moyen âge) alors que Descartes, fait subir un tournant important à cette métaphysique en conférant une valeur ontologique au sujet (et donc à sa perspective). Dégager la sphère du sujet autonome comme nouvelle sphère métaphysique va rendre possible de nouvelles investigations, dont la démarche analytique, chère à la science mécanique naissante.

*C'est ce qui va conduire le philosophe Ferdinand Alquié à affirmer qu'avec Descartes, le sujet connaissant acquiert « une autonomie qui va lui ouvrir la voie à la connaissance et au développement scientifique ».*

Malgré les critiques de l'époque adressées à Descartes par divers contemporains (Pascal, Spinoza, Leibniz...), l'approche analytique cartésienne, suivie par la communauté scientifique, s'est révélée fructueuse et simple à mettre en œuvre. Au lieu de s'encombrer de la multitude de perspectives leibniziennes, exprimant les parties d'un Tout, difficiles à appréhender distinctement à partir d'une totalité claire et unifiée, l'approche analytique se limite à une seule perspective (ou point de vue). Certes, un point de vue relève d'une opinion subjective, mais, bien que limitée, elle pourrait être juste et pertinente, capable d'appréhender tel ou tel phénomène physique.

Il a fallu attendre ces dernières décennies pour qu'enfin les différents points de vue analytiques - imposés progressivement à travers l'histoire scientifique - soient internalisés grâce à la démarche architectonique « hors points de vue » et susceptible d'engendrer et d'ordonner les points de vue qui lui sont appropriés. Et c'est ce qu'on va expliquer ci-dessous, en montrant

d'abord que la structure de la dynamique est en parfait accord avec le perspectivisme infini de Leibniz, ce qui fournit à ce perspectivisme - initialement métaphysique - une légitimité scientifique.

### **Caractère infini du perspectivisme leibnizien**

En dynamique, le mouvement correspond formellement à un paramètre interne, pouvant certes être défini par la vitesse comme le fait usuellement le physicien, mais, par nature, un paramètre interne est susceptible d'une infinité de déterminations possibles, reflétant chacune une perspective particulière (ou point de vue). Une détermination collective et relationnelle de cette infinité de perspectives est produite dans la Réf.[1], consacrée à la formalisation de la conception architectonique de Leibniz.

A ce propos et pour rendre sa démarche accessible à ses contemporains, Leibniz n'a cessé de recourir à la métaphore et à l'analogie pour expliquer ce qu'il entend par son perspectivisme infini. C'est ainsi qu'il le compare à l'image d'une ville, observée de lieux différents dont le nombre est potentiellement infini. Or, parmi cette infinité, la physique s'est contentée d'un choix unique, vraisemblablement le plus simple à mesurer à cette époque, mais en procédant ainsi, on a tué dans l'œuf une infinité d'autres perspectives ayant droits à l'existence. Et Leibniz tenait tellement à cette infinité de perspectives qu'il en a fait la base de sa démarche architectonique, fondée sur ses principes métaphysiques de « raison » et de « plénitude ».

Cette infinité de perspectives, issue de la structure formelle de la dynamique, va pouvoir être déterminée grâce au principe de « plénitude ontologique », accompagnant et complétant celui de « raison suffisante » qui récusé les raisons insuffisantes fournies par les approches usuelles limitées chacune à une unique perspective. Leibniz estime qu'il serait abusif, injuste et même criminel d'éliminer une infinité de perspectives ayant droits à l'existence, au profit d'une seule. Nous utilisons des termes forts et percutants afin de souligner le caractère éthique des principes métaphysiques de « raison » et de « plénitude ». Certes, l'approche analytique est mathématiquement juste, mais elle reste éthiquement injuste, selon Leibniz, qui cherche à allier justesse et justice, pour ce qui est de sa conception tant philosophique que scientifique.

Il est remarquable que dès le 17<sup>ème</sup> siècle, la destruction de cette infinité de perspectives (ou points de vue), au profit d'une seule, ait été critiquée par Leibniz qui n'a cessé de souligner le caractère néfaste d'une telle hécatombe, qu'il a cherché, en vain, à éviter en lui substituant son « perspectivisme infini », nullement arbitraire et métaphysique, comme on le lui a reproché, mais pleinement justifié par la structure de la dynamique.

- En bref, la dynamique leibnizienne est fondée :
- scientifiquement sur les principes physiques de « *relativité* » et de « *conservation* »
  - méthodologiquement sur ses principes métaphysiques de « *raison* » et de « *plénitude* ».

## Annexe B

### Esquisse de l'histoire des points de vue analytiques

La physique spatio-temporelle, issue de la philosophie mécaniste de Galilée, Descartes et Newton, initiée au 17<sup>ème</sup> siècle, s'est maintenue jusqu'aux révolutions scientifiques (relativiste et quantique) du 20<sup>ème</sup> siècle. La révolution relativiste d'Einstein - qui a fait passer d'une physique de l'espace et du temps à une physique de l'espace-temps, où les deux notions se trouvent unifiées - a montré que la physique newtonienne n'était valable que pour les petites vitesses. En particulier, le temps ne s'écoule plus indépendamment de l'espace comme on l'avait cru tout au long des siècles qui séparent Newton d'Einstein.

C'est ainsi que le temps écoulé lors du trajet en train d'une ville à une autre n'est pas le même selon qu'on le mesure par les montres des voyageurs ou les horloges des gares. Ce dédoublement en temps : propre - celui des voyageurs - et impropre - celui des gares - entraîne une double perspective sur le mouvement, désormais défini à travers l'un ou l'autre des deux temps. Deux perspectives (ou points de vue) sur le mouvement apparaissent alors : l'une désignée par la vitesse - définie à travers le temps impropre - l'autre par la célérité - définie à travers le temps propre.

Comme la physique a besoin des mathématiques pour être formulée, ce qui avait amené Galilée à affirmer que « *le livre de l'univers est écrit en langage mathématique* », ces deux points de vue sur le mouvement trouvent leurs rationalités physiques, associées à deux structures mathématiques : le calcul variationnel (pour la vitesse) et la géométrie moderne (pour la célérité).

A ces deux points de vue sur le mouvement vient s'ajouter un troisième, suggéré, cette fois, par la révolution quantique qui a mis en évidence la difficulté, voire l'impossibilité, de rendre compte de toute la physique - allant de l'échelle microscopique à celle macroscopique - en continuant à fonder la physique sur les notions d'espace et de temps. Apparaît alors la possibilité d'un point de vue non-spatio-temporel (désigné par la rapidité), mis en évidence, grâce à la théorie des groupes qui s'était révélée, par ailleurs, d'une grande utilité dans l'étude des phénomènes microscopiques et des particules élémentaires.

C'est ainsi qu'on a fini par comprendre que la vitesse n'est que la traduction d'un point de vue sur le mouvement parmi d'autres : elle ne rend pas compte complètement du mouvement, comme on l'a cru durant longtemps et comme on continue à la présenter en physique élémentaire, tant les habitudes sont têtues et difficiles à ôter de la conscience collective.

La vitesse, comme la célérité et la rapidité, n'est que la traduction d'un des différents points de vue complémentaires sur le mouvement.

*Pour plus de détails sur ces différents points de vue, on peut se référer aux articles [7-11].*



## Annexe C

### Métaphore sur le mécanisme et le vitalisme : végétal, animal et humain

L'approche leibnizienne de la nature se nourrit de la philosophie « vitaliste », opposée à la philosophie « mécaniste » à l'origine de l'essor de la science moderne. Au lieu d'associer l'objet physique élémentaire à l'atome des anciens repris par Newton (qui peut être représenté par un grain inerte : grain de sable par exemple), objet qui se meut au gré de la force du vent, il se trouve associé à ce que Leibniz appelle : monade (représentée par une graine vivante) : son évolution correspond à celle d'un organisme complexe et polyvalent, avec des embranchements multiples.

On voit ainsi la distance qui sépare le statisme et l'inertie de l'atome, du dynamisme et de la vitalité de la monade, dans ses différentes manifestations : végétale, animale et humaine. En particulier, le vitalisme leibnizien, avec sa complexité croissante, livre une conception du monde très différente de celle du mécanisme newtonien.

La survie du végétal - un arbre par exemple - requiert une matière active, substance vitale ou force motrice - propagée par la sève qui irrigue le tronc et les branches. Chez l'animal, il faut adjoindre à cette matière active, représentée ici par le sang qui circule dans les veines, une dimension spatiale, permettant à l'animal de se déplacer dans l'espace, afin de se nourrir et fuir ses prédateurs. Pour ce qui est de l'homme, s'y ajoute la mémoire et donc la maîtrise du temps, qui lui permet d'apprendre par essais et erreurs, en s'améliorant progressivement. Il fabrique ainsi des outils inexistant dans la nature et se révèle à la longue capable de science et de culture.

Cette complexité qui croît avec le passage du végétal (matière), à l'animal (matière et espace) puis à l'humain (matière, espace et temps) a permis à l'homme de prendre conscience de sa place privilégiée dans l'univers. Mais cette prise de conscience l'a aussi empêché de se constituer comme partie intégrante du macrocosme, pour se considérer, comme l'affirme Descartes : « *maître et possesseur de la nature* ». Il y aurait l'homme au sommet, puis le reste y compris les animaux qui ne seraient que machines, assemblages de pièces et rouages, dénués de conscience, dont les cris et les gémissements ne reflèteraient que des dysfonctionnements dans les « rouages » plutôt que l'expression d'une souffrance.

Cette conception mécaniste appliquée à tout ce qui existe, hormis l'homme, qui a façonné notre civilisation, on en paie le prix aujourd'hui. Il est clair, qu'à l'époque de la naissance de la philosophie mécaniste au 17<sup>ème</sup> siècle, avec Descartes et Newton, les activités de l'homme étaient encore trop primitives et rudimentaires pour altérer le cours de l'ordre naturel. Les choses ont beaucoup changé depuis, mais la méthodologie scientifique, avec sa démarche analytique, consistant à découper les choses jusqu'à l'insignifiance, est toujours à l'oeuvre. Issue de la mécanique analytique (dite aussi rationnelle) de Lagrange, la rationalité usuelle de la physique, peut être remise en cause avec ses dégâts tant sur le plan individuel que collectif.

Le passage de la vision newtonienne à la vision leibnizienne, faisant disparaître le rôle du temps et de l'espace des fondements de la physique, peut être rapproché d'une vision où la place de l'individu s'étirole progressivement et où la dimension temporelle propre à l'homme et celle spatiale nécessaire à la survie de l'animal, se trouvent minimisées par rapport à la dimension

substantielle, avec sa matière active (ou force vive). C'est sur cette dimension substantielle, commune au végétal, à l'animal et à l'homme que Leibniz fonde sa pensée architectonique, applicable à divers domaines dont la physique.

L'une des caractéristiques principales de l'architectonique est de refuser à l'homme son statut de « *maître et possesseur de la nature* », imposant à ladite nature son propre point de vue spatio-temporel. Ce point de vue comme les autres points de vue - spatio-temporels ou non - que la science a fini par adopter sur la dynamique se trouvent internalisés, au sein de l'architectonique qui les engendre collectivement et simultanément au lieu de les choisir individuellement et progressivement au cours du développement de la physique du mouvement. Ainsi, les principes analytiques deviennent de simples théorèmes et les points de vue sur lesquels ils reposent deviennent des projections issues du principe architectonique leibnizien.

Les principes analytiques comme les notions d'espace et de temps continuent certes à jouer un rôle déterminant à une certaine échelle de la réalité sensible mais, avec l'architectonique de Leibniz, ils n'ont plus besoin d'être imposés, a priori, étant désormais déductibles d'un cadre supra-analytique qui les englobe et les explique en remontant à leur source commune.