

L'unité apparente du temps de la Philosophie naturelle au XVIIe siècle.

Résumé court

Le temps mathématique émerge dans l'œuvre galiléenne au service de la description des phénomènes naturels. Néanmoins, la notion de temps de Galilée peut être source de beaucoup de confusions. Le temps de Galilée est souvent considéré par la littérature historiographique comme la variable t des équations mécaniques de la physique dans un contexte théorique newtonien. Mais cette vision unifiée du temps semble inadéquat. Les deux savants, Galilée et Newton, ont fait un usage différent de la géométrie, et c'est cette différence qui implique une notion différente du temps dans chaque cas. Ce que nous proposons ici c'est de montrer que le temps devient une variable dans la construction newtonienne du monde et non pas dans le contexte théorique galiléen. Pour ce faire, nous allons baser notre étude sur deux éléments cruciaux de la géométrie galiléenne:

- le problème de l'infini (mathématiquement) non résolu et
- le statut du "moment" en tant qu'élément externe (et non interne) du temps.

Cette étude révèle une notion de temps radicalement différente. Comme l'intérêt principal de Galilée était la description géométrique du mouvement, en introduisant le temps, il fait un choix théorique pour mathématiser, ou plutôt pour géométriser le mouvement. Le temps n'a aucune fonction dans sa théorie et ce n'est certainement pas une variable dans ce contexte. Le temps galiléen peut donc être appelé avec précaution "paramètre" de description.

Résumé long

L'apparition du temps mathématisé au service de la description des phénomènes naturels trouve sa place dans l'œuvre galiléenne. La notion du temps chez Galilée, à notre avis, est cependant source de plusieurs confusions. On a tendance à parler du temps chez Galilée comme si le temps était la variable t connue de tous, celle qui figure dans toutes les équations de la physique. Ici, nous allons démontrer que la variable t héritée de Newton n'est pas de même nature physique que le T utilisé par Galilée.

Mais alors qu'entendons-nous par « *temps* » dans l'œuvre de Galilée ? Tout d'abord ce T n'est pas une variable. Le temps chez Galilée n'a pas de fonction. On pourrait l'appeler en toute précaution « *paramètre* » de description. L'intérêt premier de Galilée était l'étude du mouvement. Le problème majeur de son époque était l'engendrement du mouvement. Galilée, pour donner une réponse à ce problème, introduit le temps comme un continuum ayant pour représentation spatiale une ligne droite. En introduisant le temps il fait un choix théorique dans le but de mathématiser, ou plutôt de géométriser le mouvement. Il y a effectivement une innovation avec l'introduction du temps dans la théorie galiléenne,

mais ce temps diffère largement de ce que Newton appelle temps. La vraie innovation galiléenne est d'avoir réussi à engendrer le mouvement.

Avant Galilée, tout traitement d'expérience se faisait par analogie suivant la tradition aristotélicienne. Cette tradition voulait que l'espace soit privilégié par rapport au temps. Si les distances s'expriment en unités, les durées, elles, restent abstraites et les unités utilisées (l'année, le mois, le jour) ne sont pas adaptées à une observation physique de l'étude du mouvement dans les phénomènes terrestres. Aristote était présent dans les esprits et Lucrèce l'accompagnait: « il n'y a pas de temps sans mouvement ni changement », « le temps n'existe pas non plus par lui-même: c'est la durée des choses qui nous donne le sentiment de ce qui est passé, de ce qui se fait encore, de ce qui se fera ensuite. »

Galilée nous parle dans son œuvre non pas de vitesse instantanée mais de moments de vitesse et de degrés de vitesse. La vitesse engendrée, dans l'œuvre galiléenne, pendant une durée prédéterminée, est proche de ce que Pierre Souffrin appelle la « vitesse holistique ». Cependant, selon Souffrin nous pouvons aisément parler de « vitesse instantanée » dans l'œuvre de Newton (et post newtonienne). Souffrin fait bien la différence entre la « vitesse holistique » et la « vitesse instantanée ». Par le terme *vitesse instantanée*, P. Souffrin entend la définition de la vitesse comme une grandeur ou mesure du mouvement dans l'instant et il appellera *vitesse holistique* toute conception relative à un mouvement considéré sur une durée. Dans le cas de Galilée nous rencontrons que des temps comme durées et non pas des temps comme instants. Puisque la notion d'instant est éclipsée, nous ne trouvons pas de raison de parler de vitesse instantanée.

La notion d'« holistique » peut également s'appliquer au temps, comme à la vitesse, puisque Galilée parle des *paquets* de temps, et de vitesses. La vitesse instantanée, et l'instant comme limite interne du temps selon Souffrin, n'est possible que grâce à « (...) l'outillage du calcul infinitésimal, qui ne sera élaboré que par Leibniz, Newton et leurs contemporains, (...) »¹. Afin d'appuyer cette idée Souffrin écrit :

« Une remarquable naïveté scientifique semble avoir incité les historiens à considérer le concept de « vitesse holistique » comme simple et trivial, et la mathématisation de celui de « vitesse instantanée » en termes de dérivée de l'espace par rapport au temps comme la seule mathématisation correcte possible. En fait, les historiens des sciences (et de la philosophie) traduisent systématiquement « *velocitas* » par « vitesse » entendue dans l'un de sens que le mot revêt actuellement en cinématique et cela, quelque soit l'époque du texte étudié. Or, le cadre dans lequel nous pensons actuellement la cinématique théorique est celui de la tradition consécutive à sa reformulation en termes de concepts de l'analyse infinitésimale, (...) dans cette tradition, le concept central désigné par « *velocitas* » sans qualification est celui de « vitesse instantanée ».²

Ce constat dévoile un changement de significations de concepts très important. Pour pouvoir considérer une vitesse instantanée, nous avons besoin d'abandonner l'idée de l'instant comme limite extérieure du temps et de l'intégrer dans le temps. À partir du moment où l'on considère l'instant comme élément temporel, il acquiert une durée qui lui correspond, même si cette durée est minime, ou infiniment petite comme nous dit Newton. La durée dans ce cas doit être comprise, si l'on suit la réflexion de Pierre Souffrin, comme un temps donné dont les instants sont des limites internes. Mais ceci n'est pas le cas de la réflexion galiléenne.

¹ Souffrin P. (2012), *Écrits d'histoire des sciences*, Paris : Les Belles Lettres, 119.

² Ibid., 162. Voir aussi dans le même ouvrage les pages : 187, 195-196, 200, 228, 239-240.

Galilée se trouve néanmoins obligé de se poser la question de la division de la vitesse puisqu'il a adopté un point de vue holistique sur celle-ci et la représentation géométrique linéaire du temps. Cette question de division est intrinsèquement liée au paradoxe de Zénon d'Elée et à l'infini. Pour engendrer le mouvement, il est nécessaire de se débarrasser de la question de l'infini. Une démonstration de cette entreprise est celle de la chute des graves. La géométrisation de ce mouvement repose la question de l'infini. Il paraissait naturel que, pour calculer l'augmentation de la vitesse d'un mobile, il fallût utiliser l'espace comme variable, et non pas le temps. Cette tradition fut visiblement conservée par Galilée, mais elle fut aussi grandement améliorée pour arriver à ce que nous appelons « *la physique mathématique* ».

Le problème de l'infini semble déjà résolu depuis l'Antiquité par Eudoxe et repris par Aristote. La définition du continu donnée par Aristote « ce qui est divisible en parties, elles-mêmes toujours divisibles » exclut les quantités infiniment petites indivisibles. L'infini reste en puissance mais non en acte. Cette nouveauté introduite par Aristote, l'infini en acte et l'infini en puissance répond à toutes les questions de Zénon concernant l'infini. Pour Zénon, l'infini est un infini en acte, ce qui veut dire que dans le cas du mouvement, il devait observer des arrêts du mobile pendant son mouvement, alors que l'infini en acte semble être un acte intellectuel.

« Tel, par exemple, le point à l'égard de la ligne ; la division du continu aboutissant toujours à des parties finies, le point ne sera que la limite sans grandeur de ces parties ; il sera ce qui sépare les parties du continu, sans être lui-même du continu, et par là il est définitivement exclue toute tentation de recomposer la grandeur à l'aide d'éléments infiniment petits et cependant déterminés. »³

La déduction du mouvement continu est faite puisque tout mouvement est lié à une trajectoire linéaire. « (...) comme le mouvement, le temps se caractérise donc par une continuité absolue. Aussi est-il possible de lui appliquer les mêmes conclusions qu'à la grandeur, et notamment en ce qui concerne le problème de l'infini par composition ou de l'infini par division, le temps, comme grandeur, ne contiendra que l'infini en puissance et jamais en acte. On voit encore en quel sens la notion d'instant devra être prise ; pas plus que le point n'est un élément dont la répétition infinie constituerait la ligne, pas davantage le temps n'est formé d'instants successifs, mais distincts. Comme le point en fait, l'instant n'est qu'une limite introduite de l'extérieur et grâce à laquelle une certaine durée peut être déterminée, soit par rapport à la durée qui le précède, soit par rapport à la durée qui le suit. « Limite commune » du passé et de l'avenir ou, si l'on préfère, « extrémité du temps en deçà de laquelle il n'y a rien de l'avenir, et, inversement, de l'avenir au-delà de laquelle il n'y a rien du passé », l'instant, bien situé dans le temps ne saurait être le temps. »⁴

Une des conséquences majeures de la continuité est l'impossibilité d'un mouvement dans l'instant puisque par définition l'instant n'a pas de durée, il n'est donc pas divisible. « parler d'un mouvement dans l'instant serait donc parler d'un mouvement situé non pas dans le temps, mais dans ce qui est la limite du temps, c'est à dire hors de toute expérience possible. »⁵ Cette conséquence introduit le problème du début et de la fin du mouvement. Aristote conclut que puisque l'instant est une limite indivisible, « - limite idéale d'un intervalle temporel, mais sans durée - »⁶ la séparation du mouvement

³ Clavelin, M. (1996). *La Philosophie Naturelle de Galilée, Essai Sur les Origines Et la Formation de la Mécanique Classique*, Paris: Albin Michel, 55.

⁴ Ibid., 57, les phrases entre guillemets sont prises du livre de la *Physique* d'Aristote, VI.

⁵ Ibid.

⁶ *ibid.*, 61.

de son repos initial et son repos final est inévitable. Pour Zénon la question de la continuité du mouvement paraissait irrationnelle, entre autre parce que le temps pour lui n'enveloppe pas l'infini de la même manière que l'espace. Pour Zénon le temps est fini. On voit ici comment la théorie aristotélicienne de la continuité en rapport avec le temps se met en pratique dans l'œuvre de Galilée.

Les outils géométriques utilisés par Galilée pour la construction de sa théorie du mouvement, la représentation des grandeurs à cet effet nous amènent à la conclusion que la conception holistique du temps (l'instant considéré comme limite externe de ce dernier), et le problème de l'infini restant ouvert, nous ouvre la voie vers la différenciation entre les deux notions mathématisées du temps celle de Galilée et celle de Newton. Le temps chez Galilée est un paramètre de description mathématique lors de la description d'un phénomène naturelle et non pas une variable indépendante comme le temps absolu de Newton.