Heidegger et Weyl : nombre, mouvement et continuité

David Webb

Dans ses cours de 1924-25 sur *Le Sophiste* de Platon, Heidegger mentionne avec admiration l'œuvre du mathématicien Hermann Weyl[1]. Ses remarques interviennent au milieu d'une réflexion portant sur l'arithmétique et la géométrie comme points de départ alternatifs d'une compréhension de la *connexion* ou de la *relation* dans le contexte général du dialogue, et de l'interprétation platonicienne du terme « *heteron* », de l'altérité ou de l'être-autre, en particulier. Bien au-delà de leur apport à sa lecture du *Sophiste*, ces remarques sont un index de l'attitude heideggerienne vis-à-vis des nouveautés contemporaines en mathématiques, y compris celles qui concernent l'analyse, la théorie des nombres, et surtout le continu.

L'idée de traiter des problèmes géométriques par l'algèbre, dans ce qu'on appelle maintenant la géométrie analytique, fut introduite pour la première fois par Descartes, et forme l'arrière-plan du développement du calcul apporté par Newton et Leibniz. Dans la seconde moitié du dix-neuvième siècle, Cantor et Dedekind utilisèrent la théorie des ensembles pour donner au calcul une nouvelle expression, dans ce qu'on nomme l'analyse. Cela implique que l'on construise le continu à partir de points discrets, correspondant à des nombres réels, définis par des séries infinitésimales tendant vers une limite. Quoique l'analyse de problèmes, qui avait été autrefois l'apanage de la géométrie, se révélât extrêmement puissante, l'apparition de l'infini dans des opérations mathématiques demeurait un motif préoccupant ; on s'interrogeait sur l'aptitude de l'analyse à définir ses termes de façon adéquate, et un malaise grandissant pesait sur la rigueur de ses fondements. Une autre préoccupation, partagée par Weyl, naissait de la valeur apparemment double du continu ; dans notre expérience de l'espace, du temps et du mouvement, il émerge comme une intuition pure, non-objective, à laquelle la reconstruction analytique du continu à partir des éléments discrets de la série numérique ne semble jamais complètement adéquate.

On peut lire les remarques de Heidegger sur l'arithmétique et la géométrie chez Platon et Aristote comme un commentaire légèrement voilé de ces questions. Comme telles, elles peuvent sembler n'être, à première vue, rien de plus qu'une

---

1. M. Heidegger, *Platon : Sophistes*, Gesamtausgabe t. 19 (éd. Vittorio Klostermann, Frankfurt am Main, 1992), p.117-118, tr. fr. J.F Courtine et P. David, Paris, Gallimard, 2001. Par la suite on citera sous la forme suivante : GA 19, suivi de la pagination de la traduction française, puis de celle de l'édition allemande.

reprise de ce débat ; intéressantes, comme témoignage de la compréhension qu'il avait des questions en jeu, elles n'offriraient rien de nouveau. En fait, ce n'est pas le cas ; non seulement Heidegger démontre une très sûre maîtrise des principales questions en débat sur le statut de l'analyse, mais il est aussi disposé à apporter une contribution à ce débat, même si c'est d'une façon quelque peu déguisée. Vers la fin de ce passage Heidegger souligne l'importance du traitement aristotélicien du changement, suggérant que les mathématiciens commençaient à aborder les mêmes problèmes qu'Aristote « par un chemin inverse » (GA 19, p.117-118). Mon propos sera ici de comprendre ce que Heidegger entend par là, et de soutenir qu'il s'agit de bien plus que d'une simple défense de la tradition par le philosophe, contre la présumée radicalité de la science moderne. Un examen plus attentif des questions en jeu nous conduira au commentaire que Heidegger fait de l'interprétation aristotélicienne du temps dans son cours de 1927, *Les Problèmes fondamentaux de la phénoménologie*[1]. On pourrait soutenir que l'emprunt fait ici par Heidegger à Aristote est essentiellement tactique, dans la mesure où il enracine sa propre conception de la temporalité originaire dans la tradition philosophique en découvrant, inhérente à l'interprétation d'Aristote, un potentiel de radicalité qui avait été occulté et perdu. Toutefois, si on l'envisage sur le fond du débat mathématique sur la question de l'analyse et du continu, la manière dont Heidegger examine le nombre, la dimension et la continuité, dans le contexte de l'interprétation aristotélicienne du changement, peut être comprise comme une intervention voilée dans ce débat, et par conséquent comme beaucoup plus qu'une simple introduction à sa propre conception de la temporalité originaire. Fonder la mesure du temps sur un décompte existential fait partie d'un examen de la dimension ontologique du dénombrement qui enrichit la problématique mathématique, plutôt qu'il ne la supplante simplement.

Je décrirai d'abord le contexte des commentaires de Heidegger sur Weyl, puis je donnerai un bref aperçu de l'analyse, et des travaux de Weyl sur le continu. Cela conduira à examiner la lecture par Heidegger de l'interprétation aristotélicienne du temps, afin de clarifier le sens de ses remarques sur l'importance de l'interprétation aristotélicienne du mouvement dans le cadre du débat sur l'analyse et le continu.

---

1. M. Heidegger, *Die Grundprobleme der Phänomenologie*, Gesamtausgabe 24, (éd Vittorio Klostermann, Frankfurt am Main, 1975), § 19, tr. fr. J.F. Courtine, *Problèmes fondamentaux de la phénoménologie*, Paris, Gallimard, 1985. Désormais cité GA 24, suivi des paginations française et allemande respectivement.

Espace, temps et matière

Avant de considérer en détail la discussion par Heidegger de la conception de l'arithmétique et de la géométrie élaborée par Platon et Aristote, il est utile de se rappeler qu'il interrompt cette discussion pour reconnaître que les mathématiciens étaient à nouveau en train d'aborder la question du continu, et ajoute que ceux-ci

> commence[nt] à comprendre que le *continuum* n'est pas réductible analytiquement, mais que l'on doit en venir à comprendre comme quelque chose de *prédonné*, antérieurement à la question de quelque détermination analytique du continu[1].

Franchement déçu par l'analyse, il loue l'oeuvre de Weyl consacrée au continu. Cela peut sembler bizarre, puisque Weyl était un partisan de l'analyse, et que Heidegger ne tarde pas à rejeter l'idée que le continu puisse être construit à la manière dont l'analyse propose de le faire. Cependant, Weyl avait lu et apprécié l'œuvre de Bergson et celle de Husserl, avec qui il échangea une correspondance ; et, comme Bergson et Husserl, Weyl croyait que le continu qui sous-tend notre expérience du temps, de l'espace et du mouvement se caractérise par une forme originale de connectivité que l'analyse, qui procède à partir d'éléments distincts, ne pourrait jamais décrire de manière adéquate[2]. Sa sympathie déclarée pour un point de vue phénoménologique et son ouverture d'esprit à l'égard des questions philosophiques auraient certainement attiré Heidegger, même si sa conception des mathématiques n'était pas partagée par celui-ci. Quoi qu'il en soit, l'ouvrage de Weyl auquel Heidegger se réfère est un exposé interprétatif consacré à la théorie einsteinienne de la relativité généralisée[3]. Ce qui intéresse Heidegger, c'est la manière dont l'explication einsteinienne du champ gravitationnel introduit une nouvelle façon de considérer l'étant physique. Plutôt que de traiter les choses comme des objets matériels dans l'espace et le temps, il en fait des valeurs d'un champ, qui détermine à son tour la nature de cet espace lui-même, sa courbure, et la géométrie qui y est appropriée. L'étant physique entre dans une

---

1. GA 19, 116/117.

2. H. Weyl, *Das Kontinuum*, Walter de Gruyter, Berlin, 1932 ; tr. fr. dans *Le continu et autres écrits*, trad. par Jean Largeault, Paris, Vrin, Coll. Mathesis, 1994. Cité par la suite CO, suivi de la pagination française. Ce livre fut publié pour la première fois en allemand en 1918. Les vues de Weyl sur les fondements de l'analyse changèrent considérablement au fil des années. Cf. S. Feferman, « The significance of Herman Weyl's *Das Kontinuum Proof Theory* », V.F. Hendricks et al. ed. (Kluwer Ac. Publishers, 2000), p.179-194. ; J. Bell, « Herman Weyls later philosophical views. His divergence from Husserl », *in* R. Feist (éd.), *Husserl and the sciences*, (University of Ottawa Press, 2003).

3. H. Weyl, *Raum, Zeit, Materie*, 1ère éd. Berlin 1918 ; tr. fr. *Espace, temps, matière*, d'après la 4e éd. (1921), Paris, éd. A. Blanchard, 1922. Cité par la suite ETM.

relation dynamique avec l'espace et le temps, plutôt que d'apparaître simplement « en » eux : reconnaître cette relation signifie que la géométrie à elle seule ne peut plus déterminer *a priori* la nature de l'espace comme une forme indépendante et fixe, au travers de laquelle se meut la matière, comme c'était le cas dans la science du XVIIe siècle. La théorie du champ gravitationnel et la relativité généralisée, appuyée sur la géométrie non-euclidienne des multiplicités à n dimensions, établit les éléments de l'espace et l'étant physique dans une relation dynamique. Comme Weyl lui-même le déclare, dans l'introduction à *Espace, temps, matière* :

> L'espace et le temps sont communément considérés comme les formes de l'existence du monde réel, la matière comme sa substance. Une portion déterminée de matière occupe une partie déterminée de l'espace, à un moment déterminé du temps. C'est dans l'idée composite du mouvement que ces trois idées fondamentales entrent en relation étroite[1].

Placer ainsi le mouvement au centre des choses ne pouvait manquer d'intéresser Heidegger, quoiqu'il soit moins sûr qu'il eût approuvé la description du mouvement comme « idée composite ». J'y reviendrai brièvement. En premier lieu, il est clair que Weyl mesure l'importance de la conjonction de l'espace et du temps, non seulement pour la science, mais aussi pour la philosophie, qui depuis Kant a compris la conscience comme exclusivement temporelle, par contraste avec la spatialité du monde extérieur. Weyl ne doute pas que les travaux de physique mathématique sur la relation entre temps et espace ne puissent contribuer à la résolution de cette dichotomie, et ainsi à une meilleure intelligence de la relation entre la conscience et le monde[2] . Toutefois, si elle peut permettre une analyse plus pénétrante, l'association de l'espace et du temps implique aussi certains risques. Dériver de l'un ou de l'autre la forme qu'ils ont en partage serait réducteur, et offusquerait leur spécificité respective, si bien qu'on ruinerait ainsi l'espoir, exprimé par Weyl, de voir la théorie de la relativité contribuer à clarifier le problème philosophique de la conscience et de son action dans le monde. Ce serait aussi totalement inapproprié aux exigences de la relativité généralisée, qui pose le mouvement comme la forme originelle dans laquelle se combinent espace et temps, et qui de ce fait ne peut pas dériver l'un de l'autre, ou même le mouvement de la combinaison des deux. Heidegger lui aussi vise à une compréhension du mouvement qui ne dépende pas d'une saisie préalable de l'espace et du temps en tant que formes distinctes, quoique son

---

1. *Espace, temps, matière* , *op.cit.* p.1.

2. Weyl écrit : « La nouvelle solution du problème de l'amalgame de l'espace et du temps qu'offre la théorie de la relativité apporte une vue plus pénétrante de l'harmonie de l'activité dans le monde » (ETM p. 6).

guide à ce titre soit moins Einstein qu'Aristote. Cela permet d'entrevoir un peu la raison pour laquelle Heidegger, après avoir noté l'importance de la théorie du champ gravitationnel et de la relativité généralisée, exprime aussitôt l'espoir que les physiciens « abandonneront les vieux préjugés », et reviendront à la conception aristotélicienne du mouvement[1].

Nombre, droite et multiplicité

Dans les paragraphes qui introduisent ses commentaires sur la mathématique moderne dans le cours sur *Le Sophiste*, Heidegger discute le problème de la séparation (*chôrismos*) des premiers principes (*archaï*) d'avec ce qu'ils fondent. En suivant Aristote il soutient que, pour conserver son caractère proprement mathématique, le résultat de l'abstraction devrait être « atopos », non situé dans une place. Une telle abstraction est commode lorsqu'on a affaire à des entités mathématiques comme « impair », « pair », « courbe », « droite », et « nombre », mais pour Aristote elle est impropre lorsque l'on a affaire à des étants physiques. Heidegger souligne que cela est dû au fait que les étants physiques sont essentiellement déterminés par leur relation au mouvement (les « *phusei onta* » sont des « *kinoumena* »)[2] ; tandis que l'abstraction et le transfert des *archaï* en un autre lieu les dissocie du mouvement, et nous incline à les voir comme des étants (ainsi qu'il arrive dans la théorie platonicienne des formes).

L'aboutissement de cette tendance est que même la *kinèsis* est traitée comme un étant, et ainsi, selon les termes employés par Heidegger, de manière ontique. Tout au contraire, écrit Heidegger,

> l'on ne peut pas instituer les *archaï* des *phusei onta*, qui sont mus, en les prenant comme non-mus, et en y ajoutant la *kinèsis* elle-même, à titre d'Idée — et par là à titre de *chôriston*[3].

L'enjeu est de comprendre le processus d'abstraction de telle manière que la description formelle du mouvement puisse être *atopos* et de ce fait mathématique, sans sortir pour autant du cadre du mouvement, ni en situer ailleurs les *archaï*. En substance, cela veut dire que l'abstraction ne peut être entendue au sens usuel, comme le prélèvement d'un élément formel de ce qui est donné à la perception.

---

1. Ainsi, l'intégration de l'espace, du mouvement et de la réalité physique se présente comme corrélative, en physique, du déploiement du monde », par lequel Heidegger dépasse la conceptualité cartésienne, qui traite les phénomènes physiques en termes de matière en mouvement à travers un espace uniforme. Cf. *Sein und Zeit*, §§ 19-24 ; tr. fr. *Être et Temps*, Paris Gallimard, 1986, p.128-154.

2. GA 19, 103/103.

3. *Ibid.*

La question de l'abstraction est aussi au cœur des considérations de Heidegger sur la différence entre géométrie et arithmétique. Pour Aristote, le lieu (*topos*) appartient aux étants comme tels, au sens où il détermine leur possibilité d'être présents. Cependant, quoique la géométrie et l'arithmétique impliquent toutes deux une abstraction du lieu, la géométrie conserve un sens relatif de l'orientation, de l'emplacement ou de la situation (*thesis*), et cela se reflète dans la détermination des éléments de base des deux disciplines : le point (*stigmè*) et l'unité (*monas*). L'unité est ce qui demeure « seul » et « à part », tandis que le point apporte avec soi une « *thesis* » additionnelle, qui concerne la forme de connexion existant entre les éléments des figures géométriques. Comme Aristote l'observe, une droite n'est pas composée de points (*Physique* IV, 1, 231 a 24 sq.), une surface n'est pas composée de droites, ni un corps de surfaces, car entre deux points quelconques il y aura toujours d'autres points. Quel que soit le nombre des points avec lesquels on commence, ils ne seront jamais assez nombreux pour former une droite, et il y aura toujours quelque chose « entre » les points dont on n'aura pas tenu compte. Même si les figures géométriques font abstraction du lieu, elles ont encore affaire à des relations comme au-dessus et au-dessous, droite et gauche. « Chaque objet géométrique est une *ousia thetos* »[1], et « est encore requis en sus un *mode déterminé de connexion*, un type défini d'unité du multiple »[2]. La forme de connexion dans une multiplicité géométrique est celle du continu (*sunechés*), tandis que celle qui appartient à une multiplicité arithmétique est la succession (*ephexis*), où les éléments ne se touchent pas, et où aucune liaison n'est requise entre eux.

La succession est, pour ce motif, une relation plus simple que la géométrie, avec moins d'éléments, et l'arithmétique est, comme on l'admet ordinairement, plus originaire. Ce primat de l'arithmétique sur la géométrie est confirmé en outre par le fait que l'être de tout étant est déterminé par le fait d'être « un »[3], et par la manière dont le nombre est délivré par le *logos* et la *noèsis*, tandis que les figures géométriques sont délivrées dans l'*aisthèsis*. En somme, l'*arithmos* « acquiert une importance plus fondamentale, à titre de détermination ontologique, pour *la structure de l'étant en général* »[4].

---

1. GA 19, 109/110.
2. GA 19, 110/111.
3. GA 19, 115/117.
4. *Ibid.*

Toutefois, il faut noter qu'en contrepartie ce qui rend le nombre plus fondamental que la géométrie — l'absence de *thesis* — le sépare aussi du continu, et ainsi, semble-t-il, du mouvement. Tant que cela reste vrai, il est peu probable qu'aucune approche fondée sur le nombre puisse, comme le demande Heidegger, « instituer les *archaï* des *phusei onta*, qui sont mus, en les prenant comme non-mus »[1]. Dans ces conditions, et compte tenu de l'importance du continu pour la phénoménologie en général et Heidegger en particulier, on s'étonnera peut-être de le voir défendre avec tant de détermination le primat de l'arithmétique. Qu'il prenne cette option, tout en suivant par ailleurs strictement Aristote, devrait faire réfléchir à deux fois avant de le ranger trop hâtivement et unilatéralement parmi les opposants à l'analyse. Il est alors d'autant plus frappant de constater que les passages où Heidegger reconnaît le primat de l'arithmétique sont directement suivis des remarques consacrées à Weyl et aux travaux contemporains sur le continu, où Heidegger affirme expressément que le continu ne peut pas être dominé par l'analyse, identifiant ainsi une faiblesse irrémissible de l'approche analytique. Une étrange situation s'est instaurée, dans laquelle l'arithmétique est ontologiquement plus fondamentale, et cependant incapable de traiter le continu, qui est pour Heidegger un trait irréductible du temps, de l'espace et du mouvement. Cet arrière-plan permet d'apercevoir les motifs pour lesquels Heidegger aurait pu à juste titre considérer l'analyse d'un œil favorable : appliquer l'usage du nombre, ontologiquement plus originaire, à des problèmes que l'on traitait auparavant par la géométrie pouvait permettre de gagner sur les deux tableaux, mais à la seule condition de surmonter la tendance propre à l'abstraction à perdre de vue le mouvement comme tel.

C'est dans ce contexte que Heidegger remarque qu'Aristote « a su parvenir à des états-de-fait vers lesquels tend aujourd'hui, par un chemin inverse, la géométrie appliquée à la physique »[2]. La manière le plus obvie d'interpréter les commentaires de Heidegger en cet endroit est d'y voir une nouvelle prise de position en faveur de l'originarité du continu, et ainsi un refus opposé aux tentatives analytiques de construction du continu sur une base arithmétique. Cependant, les passages qui précèdent et qui suivent ces brefs commentaires sur la théorie de la relativité et sur l'œuvre de Weyl touchant le continu, démontrent clairement que Heidegger ne se borne pas à rejeter le nombre et l'analyse de la matière, du mouvement, du temps et de l'espace au profit d'une approche phénoménologique. Au contraire, la phénoménologie est convoquée pour sortir de l'impasse à laquelle aboutit le traitement mathématique de l'espace et du

1. GA 19, 103/103.

2. GA 19, 117/118.

temps lorsqu'on aborde ce qui est, pour Heidegger, un authentique problème. Ce qu'exige un traitement analytique de la relation de l'espace et du temps dans le mouvement, c'est une justification explicative de l'application du nombre au mouvement en tant qu'originaire. De plus, Heidegger souligne que cela doit être fait de telle manière que le mouvement ne devienne pas une abstraction, un concept dissocié du cadre physique qui lui donne un sens, et dont il articule la structure ontologique. Du fait qu'Aristote offre précisément une telle justification explicative dans sa détermination du temps en *Physique* IV, 11, Heidegger peut soutenir que la théorie de la relativité généralisée a conduit la théorie mathématique moderne à rencontrer une problématique aristotélicienne, au centre de laquelle se trouve la relation entre continuité et nombre.

Weyl et le continu

Dans cette partie, j'esquisserai brièvement le cadre mathématique dans lequel Weyl traite de l'espace, du temps et du mouvement, afin d'éclairer les limites dont souffre l'analyse, du point de vue de Heidegger, aussi bien que du point de vue propre à Weyl.

Le développement par Riemann de la géométrie des multiplicités à n-dimensions offrait un outil mathématique parfaitement adapté à la description de l'espace-temps dans la théorie de la relativité générale d'Einstein. En tant que description purement formelle, elle rendrait possible la détermination de l'espace-temps sans aucun recours à nos intuitions existantes concernant l'espace et le temps. Toutefois, son indépendance peut aussi être regardée comme une faiblesse. Weyl se trouvait concerné, dans la mesure où la construction analytique du continu était écartée des continus de l'espace et du temps tels que nous les rencontrons dans notre expérience, et il craignait que les mathématiques ne fussent devenues étrangères à ce qu'elles avaient mission de décrire[1]. De plus, l'absence d'une claire fondation dans l'intuition laissait les éléments de l'analyse en attente d'une définition qui leur assurât un fondement correct, mais Weyl soutenait que nombre de ses concepts-clé étaient pris dans des cercles vicieux, qui laissaient l'édifice entier de l'analyse dans l'état d'un palais construit sur le

[1]. Comme Weyl l'écrit : « Certainement le continu intuitif et le continu mathématique ne coïncident pas, un profond abîme les sépare » (CO, p. 113, l.7-9). Pour d'autres, cette séparation d'avec l'expérience devait être bien accueillie. Bachelard, par exemple, célébrait l'aptitude des mathématiques modernes à rompre avec les habitudes logées dans l'expérience et à inventer de nouveaux objets et opérations formels.

sable[1]. Par exemple, tout nombre réel n est déterminé par un ensemble de nombres rationnels qui sont tous inférieurs à n, mais par aucun nombre supérieur. Si donc les nombres réels sont placés en correspondance directe avec des points, on peut produire une description analytique de la continuité d'une droite. Cependant, l'adéquation de la définition du continuum dépend de celle de la définition des nombres réels au moyen de la théorie des ensembles et de l'idée de coupure de Dedekind, sur laquelle Weyl avait de sérieuses réserves. Poincaré avait conclu que la définition d'un objet qui partage la même existence qu'une totalité incluant cet objet à titre d'élément était correcte pour autant que la totalité *précédât* la définition. Mais si la totalité ne précède pas la définition, la définition est dite alors imprédicative et contient un cercle vicieux. Malheureusement, c'est précisément là ce que Weyl voyait se produire dans la définition du nombre qui sous-tend l'analyse[2]. Il rejetait alors aussi trois alternatives possibles à cette approche. En effet, quoique déterminé à échapper à la tendance dominante, qui consistait à traiter les axiomes mathématiques comme des stipulations sans origine dans l'expérience, et bien qu'il ne crût pas que les mathématiques pussent faire appel à une intuition fondamentale de ses concepts de base, il ne voulait pas non plus remplacer le raisonnement dangereusement circulaire des définitions imprédicatives par une approche stratifiée rigide, comme celle que l'on trouve dans le logicisme.

La question de la circularité dans la définition des nombres réels trouve aussi un écho dans l'idée du continuum comme totalité de points, dans la mesure où chaque point est compris à partir de l'idée d'une totalité qu'on ne peut définir indépendamment des points qui la constituent ; ainsi, le point sur une droite est compris à partir de la droite prise comme un tout, et le maintenant en termes de temps. Cependant, ce n'est pas nécessairement une mauvaise chose. Les définitions imprédicatives, en dépit de tous leurs travers, s'accommodent

---

1. Weyl exprime l'intention de montrer que le palais de l'analyse est bâti sur du sable dans la préface à son ouvrage *Das Kontinuum* [*Le continu, op.cit.*], (CO, p.48). Sa démonstration de la circularité qu'elle implique se trouve au § 6, *op.cit.* p. 66-72 .

2. Giuseppe Longo condense le problème dans le passage suivant : « Premièrement, il y a toujours une infinité de rationnels (positifs) plus petits que n'importe quel réel (positif) : donc il faut utiliser, pour le définir, la collection N de tous les entiers, en tant que totalité. Or, toute définition classique de cette totalité a nécessairement la structure suivante : N est *le plus petit* ensemble qui contienne le 0 qui, s'il contient n, contient aussi $n+1$. Autrement dit, N est *l'intersection de tous les ensembles* qui contiennent 0 et sont fermés pour l'opération successeur $n \rightarrow n+1$. Mais N a aussi cette propriété : en le définissant par l'expression "tous les ensembles qui …", on quantifie sur une collection qui contient N lui-même. Le *definiens* utilise le *definiendum* » (G. Longo, "Le continu mathématique : de l'intuition à la logique", dans : J. Petitot et al. (eds.) *Naturaliser la phénoménologie*, CNRS Editions, Paris 2002, p. 530).

aisément avec l'idée que le continuum est essentiellement un ensemble non de *choses* mais de *relations*, et que les relations individuelles ne peuvent être traitées isolément, car procéder de cette façon reviendrait à réduire le point à une chose, et à risquer ainsi également la réification du continu, en tant que totalité de telles choses[1]. Puisque nous acceptons intuitivement le caractère relationnel du continu, nous avons cette curieuse situation, que la circularité des définitions imprédicatives rapproche en fait l'analyse de notre expérience de l'espace, du temps et du mouvement, tout en minant la solidité de ses fondements. Adoptant à la fois une attitude critique à l'égard des défauts dont souffrent les fondements de l'analyse, et une volonté déterminée de faire son chemin dans un parallèle aussi étroit que possible avec l'expérience, Weyl cherchait une autre approche, qui pût garder quelque chose du sens intuitif de l'approche imprédicative, tout en lui assurant une assise plus sûre. Pour ce faire, il prit le système plus direct des nombres naturels comme un donné de base, remplaça l'idée d'un « ensemble » par celle d'une « séquence », puis développa une approche essentiellement génétique de la construction de l'analyse par l'itération d'opérations simples.

L'interprétation que Weyl propose de la construction analytique suit d'abord le modèle que nous avons déjà esquissé : une droite est réduite en points, dont chacun correspond à un nombre réel, ou bien, dans le cas d'une droite tracée sur un plan, à une paire de nombres faisant fonction de coordonnées variables x et y sur deux axes perpendiculaires. La courbe de la droite est déterminée par une fonction qui décrit comment x varie par rapport à y. Weyl soutient que, pour décider si une telle fonction est continue ou non, on doit examiner la totalité des ensembles qui se forment par une application complexe des principes de définition ; par exemple, les axiomes de base et les règles de combinaison applicables à la production récurrente de fonctions plus complexes. Mais si les principes de définition forment un système ouvert, la question de la continuité de la fonction peut rester ouverte à son tour[2]. Pour illustrer cela, Weyl prend comme exemple la fonction « position d'un point de masse », qui peut être représentée comme une fonction continue du temps ; c'est-à-dire que, pour toutes les valeurs réelles du temps, la fonction établissant la position « ne prend que des valeurs

---

1. La question du statut ontologique des objets mathématiques est trop vaste pour qu'on la traite ici, mais sur la réification du continu, cf. M. Panza, « De la continuité comme concept au continu comme objet », *in* J.M. Salanskis et H. Sinaceur (eds.) *Le Labyrinthe du continu*, Springer Verlag, Paris, 1992, p.16-30.

2. Cf. CO, p.59-60, où Weyl argumente contre la tendance prédominante à interpréter les axiomes mathématiques comme des postulats. Cela signifie, déclare-t-il, qu'une proposition déduite énonçant qu'« il y a » un objet donné ne renvoie à aucune « réalité cognitive », et est « entièrement dépourvu(e) de valeur » (CO, p.59).

appartenant à un certain champ »[1]. En termes courants : pour tous les points du temps compris dans une période donnée, la position restera à l'intérieur d'une région locale (les choses ne disparaissent pas, pour réapparaître ensuite brusquement quelque part ailleurs). Toutefois, les choses ne sont pas aussi tranchées, comme le montre la manière dont Weyl considère la situation d'un stylo posé sur la table. La simple observation lui dit qu'il reste sur la table *tout au long* d'une période donnée. Si le temps peut être pris pour une série de « maintenants ponctuels rigides », dont chacun correspond à un nombre réel, la présence continue du stylo sur la table exige que la position spatiale soit localisée pour toute valeur de temps, comme un nombre réel entre des limites données. Mais, pour que cela signifie que le stylo est réellement sur la table *tout au long* de la période en question, l'ensemble de nombres réels doit rendre compte de chaque point de temps dans cette période ; c'est-à-dire qu'il doit y avoir une correspondance directe entre points de temps et nombres réels, sans qu'aucun point temporel manque d'être associé à un nombre réel, et il doit y avoir un ensemble qui soit l'équivalent analytique du continuum remplissant la période en question. Pour qu'on soit sûr que ce modèle fonctionne, nous devrions pouvoir justifier la construction analytique sur la base d'une intuition, ce que Weyl tient pour impossible, parce que notre intuition du temps ne comporte pas de « maintenants ponctuels rigides », comparables aux points et à la définition classique des nombres réels. De fait, pour autant que notre intuition de l'espace, du temps et du mouvement fournisse des résultats tant soit peu fiables, elle suggère que c'est une complète erreur de les fragmenter en éléments discrets. Les points spatiaux s'étendent de l'un à l'autre ; le temps s'écoule ; le mouvement est sans couture. Quoique nous ne puissions pas aisément convertir cette continuité en mots, et peut-être parce que nous ne pouvons pas la convertir en mots, nous nous efforçons de lui trouver une expression exacte en mathématiques. Pour Weyl, cet effort ne peut jamais atteindre pleinement son but, puisque l'expression mathématique ne peut plus être directement reconduite à une intuition originaire du continu. L'intégration de la forme de l'espace-temps avec les relations dynamiques entre objets matériels signifie que la forme de l'espace et du temps n'est plus fixe ni uniforme. Surtout, elle ne peut pas être déterminée indépendamment du mouvement, et ainsi la géométrie appropriée à ce dernier doit être en mesure de figurer les effets des relations dynamiques sur la forme de l'espace-temps elle-même. Et de fait, l'idée de géométrie différentielle développée par Riemann implique la détermination de la mesure de l'espace par l'itération de

1. CO, p.109, l.4-7.

déplacements infinitésimaux[1]. Mais engendrer une droite par une séquence de déplacements infinitésimaux, c'est tout autre chose que de la traiter comme un objet idéal dans un espace uniforme et, surtout, indépendant. Poursuivant son examen de la construction analytique du continu, Weyl distingue pour cela entre une « ligne » (une droite, au sens orthodoxe du terme), et une « courbe », la trajectoire décrite par un point en mouvement[2]. La trajectoire est « un continu 1-dimensionnel de "*points-de-trajectoire*" », et, tandis que les points de trajectoire coïncident avec les points de la droite, ils ne leur sont pas équivalents[3]. Cette différence revient à la nécessité d'y introduire le mouvement ; et c'est pourquoi elle est significative lorsque nous songeons à la construction analytique du continu comme à un moyen de traiter mathématiquement le temps et l'espace. Weyl ajoute :

> Les points-de-trajectoire, en tant qu'étapes du mouvement, sont l'analogue de ce que sont entre eux les instants dans la relation d'antérieur-postérieur. Dans le mouvement, le continu des points-de-trajectoire recouvre d'une façon continue monotone le continu des instants. Cette conception, grâce à laquelle on arrive, en une certaine mesure, à disjoindre le chemin du mouvement qui l'engendre, se transporte aux courbes dans l'espace tridimensionnel[4].

Ce que Weyl signale ici, c'est le besoin d'isoler le mouvement, comme terme clé sur la base duquel il devient possible à la géométrie différentielle d'aborder le continu en tant qu'étendu à la fois dans l'espace *et* le temps. Maintenant, nous pouvons voir que la représentation analytique de points par des nombres réels a besoin de s'assurer le contrôle de la connectivité de la trajectoire, plutôt que de se borner à la maîtrise de l'ensemble des points d'une droite. Dans sa discussion du continu temporel, Weyl montre comment l'analyse en vient, maintenant, pour ce motif, à traiter chaque point comme une *transition* (plutôt que comme fixement ponctuel) en déterminant chaque nombre réel dans les termes d'une séquence infinie de voisinages définis de manière toujours plus étroite. Quoique cela comporte la promesse de quelque chose qui ne se distingue guère de la continuité régulière, et mène l'analyse à son point de plus étroite proximité avec

---

1. En fait, Weyl attirait l'attention sur un résidu d'« action à distance » newtonienne, dans l'accord donné par Riemann à l'idée que l'on pût comparer deux éléments linéaires en différents points de l'espace.

2. Weyl compare une droite à une route, et une trajectoire ou courbe au chemin que suit un piéton le long de cette route. (CO, § 8, p. 119)

3. CO, p.120, al.1.

4. *Ibid* .

la perspective phénoménologique, c'est encore, de son propre aveu, une « réduction de la connexion continue »[1].

Si on laisse de côté la difficulté ayant trait à l'analyse dans la construction de la continuité, il est utile de noter que l'introduction du concept de « trajectoire » ne signifie pas que le continuum soit traité d'abord de manière spatiale, pour être ensuite seulement transposé sur le problème du temps. Si c'était le cas, de sérieux doutes apparaîtraient sur la capacité de cette interprétation à éviter d'imposer une figure spatiale au temps, et d'échouer ainsi à l'appréhender dans sa spécificité. C'est, bien entendu, la préoccupation qui a conduit Bergson à développer l'idée de la *durée*, que Weyl ne se lasse pas de recommander pour sa fidélité à notre expérience intuitive[2]. Cependant, pour Bergson, la préservation de la spécificité du temps se paye par l'impossibilité de le traiter mathématiquement, puisque l'application du nombre remplace la pure continuité par sa reconstruction à partir d'éléments discrets – ce qui attire notre attention sur la nature de cette transition de l'un à l'autre. De manière analogue, on met souvent au crédit de Bergson la rupture avec la tendance aristotélicienne à rendre le temps dépendant du mouvement. Cependant la théorie de la relativité généralisée regarde le mouvement comme l'élément originel par rapport auquel on comprend l'espace, le temps et la matière. Pour Weyl et Heidegger alors, il y a toutes sortes de raisons de *ne pas* séparer le temps du mouvement, et même de conserver l'ordre aristotélicien de dépendance entre l'un et l'autre. La difficulté que rencontre Weyl – contrepartie directe de celle de Bergson – est que le traitement mathématique du continu espace-temps se paye de la rupture avec tout ce que nous pouvons trouver dans notre expérience.

L'intervention de Heidegger peut être lue comme une tentative pour dépasser les positions respectives de Bergson et Weyl, et se caractérise par deux traits fondamentaux. En dépit de l'indéniable importance du temps pour sa compréhension de l'ontologie, et de l'originalité de ses propres analyses, Heidegger est en fait heureux de concéder une *certaine* priorité au mouvement – ou plutôt, à une certaine conception du mouvement qu'il trouve chez Aristote. Cela permet en principe de développer une interprétation de l'espace et du temps comme intégrés dans un continuum unique, ainsi que l'exige la relativité,

---

1. CO, p.123, al.2. Qui plus est, cela crée de nouvelles difficultés particulières, puisque le « voisinage » qu'on introduit doit avoir une figure définie. Le fait que la figure choisie finit par être tout à fait arbitraire éclaire une fois de plus ce que Weyl appelle « le désaccord insurmontable entre le véritable continu et un ensemble d'éléments isolés » – si créative que soit la manière dont le traitent les mathématiques (CO, *Ibid.*).

2 CO, p.111, al.2, *in fine*.

mais seulement s'il est possible de démontrer deux conditions complémentaires corrélatives :

1) Qu'il est possible d'appliquer le nombre à la continuité sans pour autant spatialiser l'interprétation aux dépens du temps ;

2) Que l'application du nombre n'implique pas nécessairement le sacrifice de la connectivité, essentielle à la continuité aussi bien de l'espace que du temps.

Nous pouvons maintenant nous tourner vers la lecture heideggerienne de l'interprétation aristotélicienne du temps, pour voir comment ces conditions y sont abordées.

Le retour à Aristote : Heidegger sur le nombre et le mouvement.

Aristote introduit à son interprétation du temps en écartant l'idée trompeuse qu'il peut être compris comme composé, littéralement, de « morceaux » de temps, comme de points de maintenant[1] Le temps, conclut-il, n'existe pas à la manière dont les choses existent, mais il n'appartient pas non plus à l'âme seule, et l'intrigue de son interprétation se joue dans la tension entre ces deux propositions. L'examen des conditions sous lesquelles nous avons conscience du temps le conduit ensuite à considérer sa relation au mouvement et à la grandeur ou dimension (*megethos*) qui sous-tend tout mouvement au sens le plus large – y compris le changement qualitatif. La continuité du temps (qu'Aristote accepte sans problème) est censée être fondée sur la continuité du changement, qui à son tour dépend de celle de la dimension sous-jacente. Le temps lui-même est dit être, selon la formule fameuse,

> la mesure calculable ou dimension (*arithmos*) du mouvement selon l'antérieur et la postérieur (219 b 1-3).

Le temps apparaît lorsque le mouvement est nombré ; c'est-à-dire lorsque le changement est marqué par l'observation que les choses « maintenant » sont autrement qu'elles n'étaient un moment auparavant. Tout dépend de la relation entre nombre et mouvement, et en particulier, de la manière dont nous interprétons la relation entre le nombre, le moment où nous marquons le changement, et l'acte de dénombrer par lequel nous le faisons. Dans un passage apparemment dirigé contre une conception sommaire de l'analyse, Heidegger écrit que la juxtaposition de maintenants pour former une multiplicité est entièrement inadéquate si l'on veut comprendre le problème du temps, et méconnaît les caractères essentiels du maintenant. Comme le temps lui-même, le maintenant renvoie au ne-plus et au ne-pas-encore, et se caractérise par une

---

1. Aristote, *Physique*, IV, 10-14.

dimension d'ouverture. Exactement comme Weyl, qui considérait que la continuité devait être incarnée dans le maintenant lui-même, Heidegger poursuit en décrivant le maintenant comme étant essentiellement *transition*[1]. Il note ensuite que, si le maintenant est lui-même temps, (plutôt que ce dont le temps se compose), la définition aristotélicienne du temps implique que le maintenant soit nombre. Cela amène Heidegger à ce qu'il considère comme l'aspect le plus crucial et le plus difficile de l'interprétation d'Aristote.

> Le temps est nombre et non limite, mais en tant que nombre il est du même coup capable de mesurer ce par rapport à quoi il est nombre. Le temps n'est pas seulement [nombre] nombré, mais, comme tel, il peut être lui-même un nombre nombrant au sens de mesure. C'est uniquement parce que le temps est nombre au sens du maintenant nombré qu'il peut devenir *mesure*-numérique, c'est-à-dire nombrer lui-même au sens de mesurer. La distinction du maintenant en tant que nombre en général, en tant que nombré, et en tant que nombré nombrant, ainsi que la définition du temps comme nombre par opposition à la limite, représentent le contenu principal d'un passage difficile du traité qu'Aristote consacre au temps ; nous ne l'examinerons ici que rapidement[2].

Heidegger ici réfléchit sur la remarque d'Aristote selon laquelle le temps est nombre au sens de *ce qui est compté*, plutôt que nombre au sens de l'échelle de mesure que nous appliquons (219 b 1-3). Cela semble ne poser aucun problème lorsque nous examinons l'application du nombre à des entités discrètes ; nous pouvons dire simplement que le nombre est le nombre de pommes qu'*il y a*, plutôt que le nombre que nous comptons dans le plat. Le traitement du nombre et des grandeurs continues apparaît ensuite plus problématique, juste parce qu'il n'y a pas d'unité toute faite antérieure à l'acte de compter. Mais pour Heidegger les deux cas ne sont si profondément différents, et les difficultés qui sont évidentes dans le second devraient nous amener à reconsidérer le premier. Dans le cas du mouvement, dire qu'il n'y a pas d'unité toute faite antérieure au dénombrement revient à rejeter l'idée de nombre à la fois comme échelle et comme existence objective d'unités. Au lieu de cela, le dénombrement est l'ouverture originelle de ce qui est dénombré *en tant que* quelque chose de dénombrable ; c'est-à-dire l'ouverture originelle du mouvement comme susceptible de détermination temporelle. Mais dans la mesure où le mouvement est dénombré, il devient, selon les termes de Heidegger, ontique, une chose à manipuler dans des calculs. On peut dire en fait la même chose des pommes dans le plat. Les dénombrer, ce n'est pas percevoir leur nombre (en un sens réaliste) ;

---

1. GA 24, 300/352.

2. GA 24, 301/354.

c'est entrer dans l'ouverture de chaque pomme *en tant que* une pomme, et donc avant tout comme une chose qui existe. Cela enveloppe le temps, puisque le temps est nombre en tant que la condition de l'application du nombre dans la mesure ; mais d'abord on doit comprendre comment le temps révèle le mouvement en tant que mesurable.

Conclusion

Pour Heidegger, dénombrer est un acte qui se fonde sur la manière dont nous comptons avec le temps, tenant compte du temps lorsque nous nous dirigeons vers l'accomplissement de l'activité[1]. Lorsque nous nous orientons au sein de la série d'engagements intriqués qui composent le tissu de notre monde, que nous jugeons que nous sommes près ou loin, que nous avons trop de temps ou trop peu. Mais ces jugements, à l'origine, ne visent pas des grandeurs établies d'espace et de temps, ils visent le mouvement, qui n'est en lui-même ni spatial ni temporel[2].

Quoique Heidegger surmonte l'opposition sommaire entre un temps externe ou objectif et un temps interne ou subjectif, sa discussion du repérage temporel nous fait cerner de plus près l'originelle ouverture du mouvement par le nombre, sans jamais décrire tout à fait cet événement lui-même. Cependant, nous pouvons au moins dire que la constitution temporale du *Dasein* comme souci procure les structures par lesquelles l'être est ouvert[3]. Aussi le mouvement, en tant que ce qui acquiert forme temporelle par le dénombrement, est-il plus que le simple passage d'une chose d'un état dans un autre ; c'est aussi la condition ontologique de l'ouverture d'étants dans et par l'être-au-monde du *Dasein*. Cela place l'interprétation heideggerienne dans le prolongement de l'intuition fondamentale d'Aristote selon laquelle le mouvement est le cadre originel en fonction duquel les étants sont ouverts ; ou, plus simplement, que le mouvement est essentiel à l'être du monde physique. En tant que la forme dans laquelle le mouvement lui-même est ouvert, le temps, et en particulier le maintenant comme transition, de ce fait, « peut rendre accessible le mouvement *en tant que mouvement* »[4].

Dans la mesure où le mouvement ouvert de cette manière se caractérise par une continuité originelle, il semble qu'on n'ait guère avancé. La clé de la

---

1. GA 24, 308-315/362-370.

2. Cela est confirmé par l'insistance avec laquelle Heidegger souligne que la dimension sous-jacente au mouvement doit être comprise en "un sens tout à fait formel". (GA 24, 292/343).

3. Pour une interprétation du souci (*Sorge*) comme structure ontologique du *Dasein*, cf. *Être et Temps*, §§ 39-44 et § 65.

4. GA 24, 302/355.

résolution de cette difficulté se trouve elle aussi dans la relation entre le nombre et le dénombré. Conformément à la définition de Heidegger, dénombrer c'est donner forme temporelle au mouvement avant que nous n'appliquions des unités prédéterminées de mesure. C'est ouvrir le mouvement en marquant la différence, là où cette différence elle-même dépend du marquage – ce qui revient à dire qu'il n'y aurait pas de mouvement, et par suite pas de dimension sous-jacente au mouvement, qui ne soit dénombrée comme temps. Puisque la continuité du temps est sous-tendue par la continuité du mouvement et celle de la dimension sous-jacente au mouvement, nous pouvons dire de ce fait que la continuité elle-même n'existerait pas sans l'application du nombre. Il suffit de rappeler que le mouvement, comme le temps lui-même, est caractérisé par Aristote en termes de *synthesis* et de *diairesis* tout à la fois, de mettre-ensemble et de séparer[1]. Il ne serait donc pas question de voir l'application du nombre au mouvement comme la partition d'une continuité préexistante. Le primat du mouvement sur le temps et de la dimension sur le mouvement n'est pas celle d'une substance sur ses accidents (au sens aristotélicien), comme si la dimension pouvait être indépendante du mouvement, et le mouvement du temps. Ce n'est que par le dénombrement du mouvement, qui s'opère lorsque le temps est marqué par le maintenant, qu'est établie la continuité propre du mouvement lui-même. Supposé que l'on accepte l'orientation fondamentale de sa lecture, Heidegger atteint une compréhension plus originaire du nombre et de la continuité que ne le fait l'analyse, et il éclaire ce qui, au moins de son point de vue, constitue l'unique grosse erreur de celle-ci. Quand elle refuse l'appui d'une intuition originaire du continu, l'analyse s'en remet toute entière à la définition du concept de nombre sur laquelle elle est fondée. En dépit de la sophistication de la définition weylienne du nombre, l'analyse applique de ce fait une conception prédéterminée du nombre au mouvement, plutôt que d'ouvrir leur relation mutuelle comme un événement originaire.

A la lumière de ce constat, il est tentant de faire l'hypothèse que nous pouvons lire Heidegger comme apportant une solution à des problèmes internes à l'analyse, mais ce serait finalement une approche trop unilatérale. La phénoménologie plonge dans les structures de l'expérience consciente, tandis que l'analyse progresse en développant un traitement numérique de certains problèmes, pour traduire ensuite ce traitement en géométrie *via* un système de coordonnées. Pour mesurer l'incompatibilité des deux méthodes il suffit de rappeler la remarque de Weyl selon laquelle le système des coordonnées est ce qui reste lorsque la conscience a été exclue : chaque méthode exige que les outils

1. Aristote, *Physique*, IV, 220 a 5.

et le milieu essentiel de l'autre soient exclus. En dépit de la croyance enthousiaste de Weyl à une réconciliation, la divergence est probablement trop grande pour pouvoir être surmontée. De plus, les mathématiciens n'accepteraient certainement pas tous la réinterprétation du formalisme mathématique qu'impliquerait son rattachement à une base phénoménologique. Weyl lui-même, quoique heureux d'applaudir aux progrès que la phénoménologie avait faits en direction d'une authentique philosophie du continu, finit par croire qu'elle pouvait procurer un fondement à l'analyse, surtout parce que les ressources de l'intuition demeuraient trop limitées pour permettre de développer à partir d'elle l'extraordinaire richesse et la prodigieuse diversité du formalisme mathématique[1].

Traduction Jean-François Lavigne

[1]. T.A. Ryckman, « Weyl's debt to Husserl : The Transcendental Phenomenological Roots of the Gauge Principle ». Cette communication a été prononcée dans le cadre des journées d'études « *Oxford Symmetry Workshop* » en 2001 ; on peut la consulter en ligne à l'adresse suivante : www.philosophy.ox.ac.uk/conferences/graduate/2000-2001_phil_physics_ryckman.rtf