

Espaces et mondes au XVII^e siècle

Christiane Vilain*

Résumé: On décrit les nouvelles représentations du monde, ou plutôt des mondes, proposées au cours du XVII^e siècle en relation aux conceptions de l'espace. Les espaces sont considérés ici tant selon leurs implications pratiques, que sous leur aspect métaphysique, mieux connu. Ce faisant, avec l'aide de Descartes, Huygens et Leibniz, et en adoptant une perspective plus générale sur le contexte culturel, nous esquissons le portrait d'un acteur possible de la science nouvelle en tant qu'observateur actif et mobile, faisant partie d'une multitude d'habitants terrestres et extra-terrestres.

Abstract: We present the new visions of the world, or rather the worlds, given during the 17th century in connection with conceptions of space. Spaces are considered here as aspects. In doing so, with help of Descartes, Huygens and Leibniz, and a more general insight on the cultural context, we draw a portrait of a possible actor for the new science as an active and mobile observer, which is a part of a multiplicity of terrestrial or extra-terrestrial inhabitants.

Introduction

LE XVII^e SIÈCLE peut être considéré comme celui au cours duquel le système solaire lui-même perd définitivement, en même temps que la Terre, sa position centrale et son unicité. C'est le siècle de l'*"Iter ecstaticum"* d'Athanasie Kircher¹, des "Entretiens sur la pluralité des mondes" de Fontenelle² et du "*Cosmotheoros*" moins connu de Huygens³. L'ouverture du Cosmos vers l'infini n'est pas seulement l'acceptation de cet infini "en acte", mais aussi celle d'autres mondes semblables au nôtre, d'autres soleils, et donc en conséquence d'autres planètes comme la Terre autour de ces soleils, et d'autres êtres vivants. Toutes ces suppositions s'enchaînent logiquement, et Kircher suppose bien des habitants dans tous les systèmes solaires, bien qu'il fasse tourner tout cela autour d'une

* Maître de conférence, Université Paris 7 – Denis Diderot – Equipe REHSEIS – 2, Place Jussieu – 75006 – Paris.

1 KIRCHER Athanasie, *Iter ecstaticum* ou voyage fantastique, publié à Rome en 1656.

2 FONTENELLE, *Entretiens sur la pluralité des mondes*, par M. de Fontenelle de l'Académie française, 1686, nouvelle édition, à Lyon, de l'imprimerie d'Amable Leroy, (1804).

3 HUYGENS Christiaan, *Le cosmotheoros ou conjectures sur les terres célestes et leur équipement*, édition posthume de 1698, Oeuvres Complètes publiées par la Société Hollandaise des Sciences, (ultérieurement notées O.C.), La Haye, (1888-1950), Volume XXI, p. 681.

Terre immobile. Mais il ne s'agit pas tant chez Fontenelle et Huygens de supposer d'autres planètes autour des soleils que sont les étoiles, que de supposer que la Lune et nos planètes sont des terres habitées comme la nôtre. En ce sens c'est plutôt une conséquence tardive du copernicanisme imposé par Galilée que de l'ouverture du Monde à l'infini. Le mouvement de la Terre suffit à en faire un corps céleste comme les autres et à modifier les représentations.

Cette explosion d'idées diverses ne suppose pas forcément une représentation de la totalité, mais y concourt, avec des fortunes diverses. Le destin de cette visée cosmologique nouvelle se poursuivra au XVIII^e siècle dans un cadre plus scientifique, à travers des difficultés qui en provoqueront la relative extinction au XIX^e siècle, jusqu'à la cosmologie relativiste d'Einstein et De Sitter en 1916. Jacques Merleau-Ponty⁴ a bien montré dans quelle situation se trouvaient les savants du XVIII^e siècle aux prises avec une physique newtonienne qui leur était indispensable dans toute pratique (de calculs en mécanique terrestre ou céleste), mais ne les satisfaisait pas sur le plan des concepts et ne permettait pas de traiter d'un Univers infini. D'Alembert puis Laplace sont les meilleurs représentants de ces conflits. On peut ajouter que les développements d'une mécanique, la plus exacte possible, du système solaire par ces deux savants, auxquels on peut adjoindre Clairaut et Euler, requièrent toute leur habileté technique et leurs énergies, car il faut déjà mettre au point des méthodes de perturbation des équations de Newton si l'on veut seulement obtenir de bonnes éphémérides de la Lune.

Mais nous n'en sommes pas encore là en cette fin du XVII^e siècle, même après la parution des *Principia* de Newton, car ceux-ci ne seront utilisables pratiquement qu'après leur réécriture par Clairaut et Euler. De quoi s'agit-il alors?

Il s'agit d'abord de changer de mentalité, de quitter un statut ethnocentrique qui n'a plus sa raison d'être. Il s'agit en tout état de cause de concevoir ce que l'on ne peut voir, et de le concevoir de la façon la plus rationnelle possible, la plus logique, la plus "objective" pour l'époque. Fontenelle imagine que nous puissions être, par rapport aux habitants de la Lune, comme les indiens américains en face de Christophe Colomb et de ses compagnons. Notre incapacité à aller sur la Lune ne signifie donc pas que les habitants de celle-ci ne soient pas sur le point de débarquer chez nous. Loin de l'inquiéter, cette éventualité le rassure, car il ne serait pas nécessaire d'attendre les progrès technologiques pour

⁴ Voir à ce sujet le livre de Jacques MERLEAU-PONTY: *"La science de l'Univers à l'âge du positivisme. Etude sur les origines de la Cosmologie contemporaine"*, Paris, Vrin, (1983). Cette étude, centrée sur les travaux de Laplace et de Herschel, montre bien les difficultés d'une cosmologie scientifique chez l'un et la persistance d'un besoin de représentation du Monde dans son ensemble chez l'autre.

savoir enfin à quoi ils ressemblent. Outre l'intérêt ethnologique de cette réflexion, comme de beaucoup d'autres de l'écrit de Fontenelle, on ne peut qu'être sensible à cette relativisation du point de vue.

Fontenelle a passé déjà un temps considérable à faire sentir à sa marquise le mouvement de la Terre sur elle-même et autour du Soleil, et elle entre si bien dans le propos de l'académicien qu'elle en vient à imaginer des vaisseaux lunaires posés à la surface de notre atmosphère et lançant des filets pour pêcher des animaux qui pourraient bien être des hommes. La fantaisie des images n'est pas seulement distrayante. Elle illustre concrètement la nécessité pour l'humanité de se resituer dans un nouvel ensemble spatio-temporel, ensemble qui a considérablement reculé ses limites. Cela se fait avec un enthousiasme étonnant, la perte d'un privilège étant compensée par l'ouverture d'un nouveau champ à l'imagination et à la curiosité. Le désir de savoir, la perspective de découvertes futures encore plus extraordinaires que celle de l'Amérique, domine le récit.

Nous voulons décrire ici cette nouvelle sorte de cosmologie dans son lien avec des notions d'espace utilisées en physique plus courante, ou dans toute autre pratique terrestre ayant pu influencer celle-ci, c'est-à-dire dans un domaine plus "terre-à-terre" au premier regard tout au moins. Car ce n'est pas le problème de l'infinitude du Monde qui nous intéresse ici, mais celui de la diversification des points de vue, de leur réciprocité éventuelle, à la place du point de vue central et unique du géocentrisme. De même que Platon avait relativisé le haut et le bas en imaginant un homme situé aux antipodes, les classiques relativisent leurs perceptions, leurs connaissances et leur civilisation en imaginant des personnages situés sur la Lune, Mars et les autres planètes. Mais il faut bien que certaines choses soient supposées invariantes pour permettre de concrétiser le point de vue du "planéticole", mercurien, vénusien, ou autre. Voyons donc comment raisonne à ce sujet le seul de nos auteurs qui soit aussi un grand savant: Christiaan Huygens.

I. Le "Cosmotheoros" de Huygens

Christiaan Huygens écrit cet ouvrage vers la fin de sa vie, vers 60 ans, et le dédie à son frère Constantyn alors secrétaire de Guillaume III, roi de la Grande-Bretagne. Il se réfère d'abord à Nicolas de Cuse qui avaient attribué des habitants au Soleil et aux étoiles, puis à l'*"ingénieux dialogue sur la pluralité des Mondes"* de Fontenelle. Comptant parmi les plaisanteries le "Rêve astronomique" de Kepler, Huygens s'est avisé, sans doute à la suite de Fontenelle, qu'il était possible d'écrire des choses raisonnables sur le sujet, et annonce de *"vraisemblables*

conjectures” Il déclare s’adresser préférentiellement à ceux qui “*ne sont étrangers ni à la science Astronomique ni à la philosophie raisonnable*”, tout en prévoyant que son écrit puisse tomber dans les mains de lecteurs moins instruits. Il ne vise donc pas tout à fait le même public que Fontenelle et adopte un ton bien différent.

Si le *Cosmotheoros* occupe une place particulière dans l’oeuvre de Huygens, il ne faut pas oublier que ses traités à propos de la nature de la Lumière et de la cause de la Pesanteur, publiés peu avant la rédaction de ce dernier ouvrage, étaient déjà rédigés plus librement que ses écrits antérieurs et considérés par lui-même comme beaucoup plus hypothétiques. C’est donc dans une certaine continuité que Huygens se permet maintenant de simples conjectures. La différence entre ce dernier écrit et les autres réside peut-être en ce qu’il ne fait plus appel à sa physique, tout au moins dans la première partie. La seconde pourrait en revanche être considérée comme un petit traité de présentation des données du système solaire.

Dans sa première partie, Huygens disserte sur les habitants probables des planètes. Mais en s’astreignant à ne privilégier la Terre à aucun prix, il tombe dans un anthropomorphisme auquel Fontenelle avait échappé : les habitants des planètes doivent être aussi savants que nous, ils doivent donc pouvoir utiliser des télescopes et il leur faut pour cela des mains comme les nôtres ! Huygens a justifié à l’avance son raisonnement. Si nous n’avions jamais ouvert le corps d’un animal, nous lui supposerions un coeur, un estomac, des poumons, etc..., et nous aurions raison.

“De même, si nous avons appris à connaître la nature d’un seul des Satellites de Saturne ou de Jupiter, ne serions-nous pas d’avis que les mêmes choses à peu près doivent se trouver chez tous les autres ? Pareillement, si nous réussissions à comprendre la nature d’une Comète quelconque, nous jugerions que telle est la nature universelle de ces corps.”⁵

On ne peut imaginer un autre mécanisme pour la vue, ni pour l’ouïe, annonce Huygens. De même ne peut-il y avoir qu’une seule façon d’évaluer ce qui est juste, et donc une seule raison. Huygens essaie tout de même d’imaginer que les “planéticoles” puissent avoir leurs os à l’extérieur, comme les langoustes. Mais il y renonce. Peut-on reprocher à Huygens de manquer d’audace ou de jugement ? Son discours procède plutôt selon une évaluation de la nécessité de

⁵ HUYGENS, *ibid.*, p. 698.

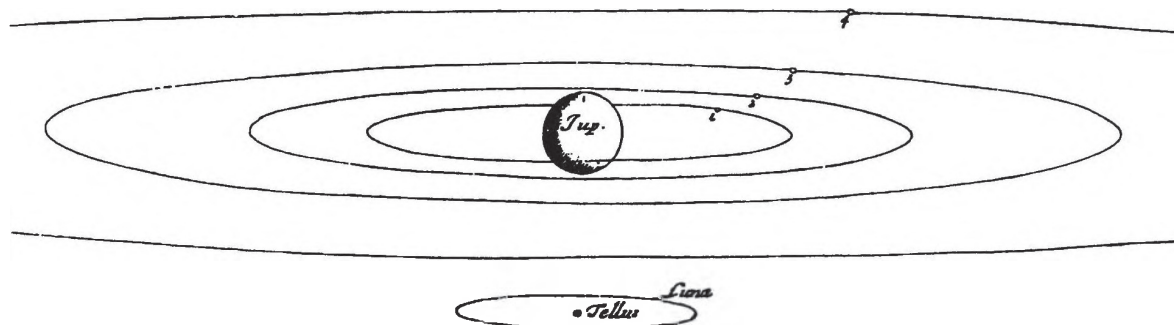
chacune des caractéristiques des espèces vivantes, surtout de l'espèce humaine qu'il connaît. Il est clair que cette nécessité lui paraît beaucoup plus forte qu'à nous aujourd'hui, sans qu'il soit vraiment possible de dire pourquoi.

Dans la deuxième partie, Huygens réponds explicitement à l'invraisemblance de certaines affirmations de Kircher. Tout d'abord celle de l'immobilité de la Terre, qui semble d'autant plus absurde à Huygens qu'il faut maintenant faire tourner d'innombrables systèmes semblables à celui du Soleil, et non plus seulement les planètes et la sphère des fixes, autour de notre petite Terre. Les vieilles considérations issues de la logique occamienne sont toujours valables: il est vain de mettre en mouvement un grand ensemble si on peut rendre compte des mêmes choses à moindre frais. Des considérations d'origine astrologique avaient en outre conduit Kircher à décrire Vénus et Jupiter comme des univers agréables, limpides, et Mars comme un monde hostile plein de fumées, de "*choses tristes, horribles, sales, ténébreuses*". La réponse de Huygens à ces arguments constitue alors une partie nettement plus scientifique que la première, car il va maintenant s'efforcer de se restreindre à ce qu'il peut dire d'une planète en fonction de ce que l'on connaît de sa distance au Soleil, de sa période de révolution, de sa rotation sur elle-même, de ses satellites. On en déduit la taille apparente du Soleil pour cette planète, celles des autres planètes si elles sont visibles, la durée de son année, de son jour si c'est possible, et le nombre de ses lunes. Huygens avait sans doute été séduit par les entretiens de Fontenelle, mais les fables de Kircher l'irritent. Il redevient alors un scientifique à part entière, qui s'en tient aux données d'observation.

Il est ainsi facile à Huygens de décrire l'astronomie des mercuriens, des vénusiens qui peuvent aisément nous observer ainsi que notre Lune. Il signale qu'après avoir observé Vénus à la lunette, il n'y a rien remarqué qui puisse indiquer des mers et suppose alors que l'atmosphère de Vénus, peut-être plus dense que la nôtre, réfléchit les rayons solaires et empêche de voir ce qu'il y a en dessous. Le Soleil vu de Vénus a un rayon une fois et demi plus grand que depuis la Terre. La Terre vue de Mars doit avoir la même apparence que Vénus pour nous, mais Vénus doit leur être rarement visible, comme Mercure pour nous, etc...

On peut évaluer également la température de chaque planète en fonction de sa distance au Soleil. Considérant la forte température qui doit régner sur Mercure en raison de sa proximité au Soleil, Huygens déclare que l'on pourrait penser alors ses habitants plus intelligents que nous, car c'est la chaleur qui donne au corps "*sa vigueur et son alacrité*". Mais il y renonce pour deux raisons: d'une part parce qu'il faudrait alors attribuer aux habitants de Jupiter et Saturne une intelligence inférieure, et d'autre part parce que les habitants des régions plus chaudes de la Terre n'égalent pas ceux des zones tempérées...

Huygens accompagne ses considérations de figures dont nous donnons un seul exemple: celui du système de Jupiter⁶:



Huygens est donc sans doute celui qui illustre avec le plus de rigueur, on pourrait dire avec le plus de conscience professionnelle, la relativité des points de vue dans le système solaire tel qu'il le connaît. Son écrit refuse toute imagination trop arbitraire. C'est ce qui le conduit d'abord à supposer des formes de vie trop proches des nôtres, puis à se représenter précisément ce qu'il peut savoir avec certitude de la vie des éventuels habitants des autres planètes, à savoir leur ciel. Sa motivation est incontestablement liée aux publications antérieures de Kircher et Fontenelle. On peut avancer que Huygens ne se serait pas tellement avancé au sujet des habitants des autres planètes si ce n'était pour répondre à des discours en vogue. S'y serait-il intéressé? Il est difficile de le dire et cela n'a guère d'importance. Mais on peut lui attribuer en propre la partie purement astronomique de la seconde partie de son traité si on la met en rapport avec les changements de repère dont il est spécialiste dans sa physique terrestre.

Mais notre propos était plus ambitieux puisque nous voulions considérer l'espace de l'époque classique dans sa diversité et non seulement chez Huygens, avec l'espoir d'en extraire quelques caractéristiques générales. Huygens nous sert seulement ici d'exemple type pour poser les termes d'une réflexion que nous souhaitons la plus large possible.

II. Quel espace?

Malgré les bouleversements profonds qui ont traversé le XVI^e et le XVII^e siècle, bouleversements dont ce qui vient d'être exposé donne la mesure,

⁶ HUYGENS, *ibid.*, p. 774.

les concepts et le vocabulaire utilisés sont fortement tributaires d'un ensemble de traditions. Les espaces classiques rassemblent un ensemble de théories et de pratiques diverses par leur origine autant que par leur but.

L'espace de la géométrie est un espace "physique" si on le considère selon son étymologie, comme une "géo-métrie" ou "mesure de la Terre", c'est-à-dire un instrument de mesure du terrain. C'est néanmoins un espace vide et homogène bien différent de l'espace perçu, car il est le cadre d'une action spécifique qui consiste à déplacer des figures sans les déformer et à établir des théorèmes valables en tout temps et en tout lieu. Un lieu y est équivalent à tout autre lieu, une direction à une autre (exceptée peut-être la verticale) comme pour la plupart des actions humaines de type logique ou pour l'utilisation d'une machine quelconque.

Aristote avait refusé cependant ce cadre vide et indifférencié, considérant à juste titre que les figures géométriques, comme les machines, appartiennent à un autre domaine que celui de la nature. Pour rendre compte du mouvement des corps, pour en parler même avant de l'expliquer, il lui a fallu poser des "lieux" différenciés et hétérogènes. On peut dire qu'Aristote revient à un espace plus proche de celui de la perception, espace polymorphe sans aucune symétrie ni équivalence, à ceci près que le sien est hiérarchisé, fortement ordonné. Un certain ordre lui a été en effet nécessaire pour expliquer le mouvement naturel des corps vers le haut ou vers le bas comme rejoignant le centre de la Terre et du Monde, ou bien l'extérieur de ce Monde fini, la dernière sphère. Cet espace ne saurait par ailleurs être vide car dans le vide indifférencié il n'y aurait pas de lieux, et le mouvement ne pourrait ni commencer ni cesser. Les lieux y sont déterminés par les limites entre les corps. Mais ces lieux aristotéliens sont immobiles par essence, c'est-à-dire non-mouvants. Ce sont donc des êtres d'une autre sorte que les corps et leurs limites. L'univers des catégories aristotéliennes appartient sans conteste pour les physiciens d'aujourd'hui à la métaphysique; mais il faut en considérer le souci de coller aux observations et la défiance envers l'imagination, en réaction contre un ensemble de systèmes préalables. En ce sens c'est bien une philosophie de la Nature, donc une "physique". La physique aristotélienne constitue de ce fait, pour les médiévaux, une école de rationalité qui ne se restreint pas à la logique seule.

L'espace vide des atomistes est bien différent de celui de la géométrie, même s'il est aussi vide, homogène et infini. C'est un espace destiné à se représenter mentalement les atomes et leurs mouvements, leur chute incessante dans le vide. Cette vision du Monde sera remise au goût du jour au XVII^e siècle par Gassendi, sans s'imposer à l'ensemble de la communauté savante.

Mais tout ceci incite à se demander à quoi sert un espace. On doit considérer en effet un espace physique pour “mesurer”, ou tout au moins évaluer, non plus le terrain, mais le mouvement des corps. Il faut encore un espace métaphysique pour “expliquer” ce mouvement, en donner une cause, à la suite d’Aristote. Il faudra également, de façon plus implicite, un espace de représentation pour “voir” le mouvement des corps, non seulement les atomes mais aussi les corps tels que nous les percevons, et aussi, pourquoi pas, le Monde dans son ensemble, puis aussi les autres mondes.

Mais il vaut mieux que ces espaces coïncident. Il ne sera pas question de se donner un espace au gré de ses besoins comme on peut le faire en physique contemporaine. L’espace du savant médiéval ou classique doit être le contenant réel, unique, des corps que l’on voit.

III. L’espace médiéval et classique

Au Moyen-Age, en 1277, l’église impose, entre autres thèses anti-aristotéliennes (anti-averroïstes), la possibilité du vide, du mouvement de l’Univers dans son ensemble et de la pluralité des mondes. Cette possibilité relève de la toute puissance divine, que l’on ne saurait limiter. Ces thèses posent en même temps les questions du vide, de l’espace et de l’infini. En effet lorsque Dieu décide de supprimer tout-à-coup une partie de l’intérieur du Monde, les bords ne se rejoignent pas instantanément. Il doit donc y avoir du vide. Si le Monde est par ailleurs en mouvement dans son ensemble, il doit bien être en mouvement quelque part. Il faut bien que ce mouvement ait lieu dans quelque chose ou par rapport à quelque chose. Comme l’a bien remarqué Alexandre Koyré⁷, l’idée d’un tel mouvement présuppose de se représenter le Monde comme une boule dans un espace infini, alors que cela n’avait aucun sens chez Aristote pour qui, hors du Monde il n’y avait rien, ni temps ni lieux. Quand aux mondes multiples, ils sont plus ou moins ronds. Il doit donc y avoir du vide entre eux. Si l’on imagine qu’ils remplissent tout l’espace, il faut qu’ils aient des “coins”, ce qui les éloigne de la forme parfaite imaginée pour un monde, même si ce n’est pas le nôtre!

La totalité est toujours conçue comme finie. Dieu lui-même ne saurait avoir créé un Univers infini, car il doit toujours pouvoir ajouter quelque chose au Monde. L’infini est conçu comme le résultat d’un processus temporel qui

⁷ KOYRE, Alexandre, “L’espace infini au XIV^e siècle, dans: *Etudes d’Histoire de la pensée philosophique*, Gallimard, 1971, p. 37-92.

n'aboutit jamais. C'est pourquoi l'infini actuel est impossible chez Aristote. C'est pourquoi également les bords du domaine vidé par Dieu de sa matière ne peuvent se rejoindre instantanément. Dieu est aussi soumis au temps, implicitement, qu'il l'est explicitement au principe de non contradiction. Lorsque Nicolas de Cuse au XV^e siècle puis Giordano Bruno au XVI^e, affirment que Dieu a pu dans sa toute-puissance créer un univers infini, ce n'est pas tellement la puissance de Dieu qui se trouve accrue que l'idée de l'infini qui est modifiée, car il est conçu comme déjà là. L'espace vide infini doit également être conçu comme tout entier déjà là, et non comme le résultat d'une accumulation, au cours d'un processus qui prend du temps. Il est donc, en lui-même, une suppression du temps.

Les paradoxes de l'infini, résumés par le fait qu'il soit égal à certaines de ses parties, étaient déjà posés à propos de l'infinitude dans le temps du Monde d'Aristote. La création du Monde par Dieu à un instant donné ne calme pas l'inquiétude des scolastiques. Car cette création à un moment donné pose un problème qui n'existait pas pour les anciens: où était Dieu avant la création du Monde?

D'après Koyré⁸, les scolastiques ne se passionnent pas pour les décrets de l'église et n'ont que peu de choses à faire du vide imposé. Seuls quelques anglais moins marqués par l'aristotélisme s'y intéressent. Thomas Bradwardine est en fait le seul à affirmer clairement que tout ceci, action divine, mouvement des corps ou du Monde, doit avoir lieu quelque part: dans un espace vide illimité. Il est vrai que Bradwardine est géomètre et théologien, combinaison inconnue à Paris.

Mais Walter Burleigh qui est philosophe demeure aristotélicien. Deux tendances coexisteront donc pendant longtemps en un conflit qui ne peut être réduit à une opposition entre des anciens et des modernes. Car le discours rationnel directement appliqué aux phénomènes tels qu'ils sont perçus n'implique certainement pas la donnée d'un espace vide, homogène et isotrope, sous-jacent aux choses. Nous le constaterons encore mieux avec Descartes.

La position de Descartes au sujet de l'espace se trouve explicitée dans ses échanges avec le théologien atomiste Henri More⁹. On y retrouve assez précisément le ton des débats médiévaux pour avoir l'impression d'une continuité, continuité que nous allons admettre ici. A peine s'agit-il d'une correspondance

8 KOYRE, *ibidem*.

9 KOYRE, *Du Monde clos à l'Univers infini*, première édition en anglais en 1957, Paris, Gallimard, 1973, Ch. V: "Étendue indéfinie ou espace infini."

puisque Descartes, qui a répondu courtoisement à la première lettre de son admirateur et détracteur, réponds plus brièvement aux deux suivantes et pas du tout à la quatrième. More n'accepte pas l'assimilation cartésienne de la matière à l'étendue, ni la séparation entre cette étendue et Dieu. Descartes réponds en accusant l'imagination sous laquelle tombent facilement la substance autant que Dieu¹⁰:

“... car s'il n'y avait aucun corps, je ne comprendrais aussi aucun espace à qui Dieu ou l'ange correspondisse par l'étendue.”

Le terme “indéfini” utilisé par Descartes à propos de cette étendue est jugé “affecté” par More. Descartes réponds qu'il s'agit au contraire d'une position ingénue car il ne sait pas si les parties de la matière sont en nombre fini ou infini mais qu'il ne leur connaît aucune limite.

Nous retrouvons donc chez Descartes la problématique médiévale de l'infini potentiel, et la position de celui-ci vis-à-vis de l'infini peut même sembler aristotélicienne. Mais le Monde cartésien est très différent de celui d'Aristote, car il n'est pas du tout hiérarchisé ni ordonné. Même s'il est fini, il possède une certaine homogénéité globale. Il obéit par ailleurs à des lois permanentes et non à une finalité conduisant à un ordre parfait jamais atteint. Les lois cartésiennes de la Nature représentent une fin déjà réalisée, à travers un mouvement qui doit être perpétuel, immuable dans son ensemble.

L'étendue réelle de Descartes, confondue avec la matière, est très différente de l'étendue pensée pour la géométrie, qu'il connaît bien par ailleurs. L'étendue matérielle est le cadre du “mécanisme” cartésien selon lequel toute action a lieu par contact. Il ne peut donc y avoir de vide. La soi-disant “géométrisation du mouvement” par Descartes n'a rien à voir avec celle d'un Galilée qui traite du mouvement dans le vide en attendant de pouvoir mieux faire. Les principes cartésiens sont en revanche définitifs pour le Monde tel qu'il est, et d'autant plus justes, et même exacts, qu'ils sont éloignés de toute vérification possible par une expérience locale.

Henri More s'exprimera plus tard plus radicalement à propos de l'intuition de l'espace, résumant une attitude devenue spontanée et donc assez répandue¹¹:

10 KOYRE, *ibid.*, p. 152.

11 KOYRE, *ibid.*, p. 171, 179-80.

“en effet, nous ne pouvons pas concevoir une matière finie si ce n’est comme entourée d’une certaine étendue infinie.”

“... nous ne pouvons ne pas concevoir qu’une certaine extension immobile, qui pénètre tout à l’infini, a toujours existé et existera éternellement et qu’elle est réellement distincte de la matière mobile.”

Mais une autre correspondance, plus célèbre encore, nous renseigne sur les conflits à propos de la nature de l’espace, à la fin du siècle cette fois. Il s’agit de la correspondance de Leibniz avec Clarke en 1715, la plume de ce dernier ayant peut-être été guidée par Newton, mais ce n’est pas certain.

Leibniz avait déjà exprimé longuement son point de vue en 1704 sur l’espace, les figures et le lieu dans ses “Nouveaux Essais sur l’Entendement humain”, en réponse à Locke plutôt qu’à Newton. Le lieu sera déterminé comme chez Aristote et Descartes par emboitements successifs, mais on ne sait si on parvient ou non à un terme. L’étendue est définie comme “l’abstraction de l’étendu” ce qui la distingue de l’étendue cartésienne confondue avec son contenu. L’espace n’est pas plus une substance que le temps. Comme il a des parties, il ne saurait être Dieu¹²:

“C’est un rapport, un ordre, non seulement entre les existants, mais encore entre les possibles comme s’ils existaient.

Mais Leibniz est particulièrement clair dans ses réponses à Clarke, une dizaine d’années plus tard¹³:

“Ces messieurs soutiennent donc que l’espace est un être réel absolu; mais cela les mène à de grandes difficultés. Car il paraît que cet être doit être éternel et infini. C’est pourquoi il y en a qui ont cru que c’était Dieu lui-même, ou bien son attribut, son immensité. Mais comme il a des parties, ce n’est pas une chose qui puisse convenir à Dieu.”

12 LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm, *Nouveaux Essais sur l’Entendement Humain*, 1704, dans *Œuvres Philosophiques*, 2ème édition, Paris, Félix Alcan, 1900, p. 112.

13 LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm, *Philosophischen Schriften*, VII, Georg Olms Hildesheim, 1961, p. 370.

IV. L'espace comme repère du mouvement

Galilée ne parle pas de l'espace. Le mouvement est repéré par rapport au laboratoire, à la Terre, au Soleil. On ne peut en dire plus. Le mouvement est déterminé par ses effets. Mais le mouvement "égal à lui-même" (uniforme) est sans effet pour ce qui se passe à l'intérieur du système (du navire ou de la Terre). Il n'est donc déterminé que relativement à d'autres corps. C'est l'"invariance" galiléenne, trop connue pour qu'il soit nécessaire d'insister ici¹⁴. Mais la théorie des marées développée dans le même ouvrage par Galilée, implique, comme toute dynamique, la donnée implicite d'un mouvement unique, qui est alors dans ce cas le mouvement relatif au Soleil, c'est-à-dire celui qui correspond au point de vue le plus extérieur. Dans la discussion aristotélicienne qui s'ensuit entre Sagredo et Simplicio au sujet du mouvement "propre" qui est au contraire le mouvement repéré par rapport au corps environnant le plus proche, Salviati n'intervient pas.

Galilée ne s'exprime donc pas vraiment à propos de la nature du mouvement. Cela ne lui est pas nécessaire et on ne peut l'accuser de contradiction que si on extrapole ses propos sur l'invariance ou le principe d'inertie, qui sont des énoncés locaux et circonstanciés, pour en faire des principes généraux.

On trouve en revanche de tels principes chez Descartes, nous l'avons déjà vu. Il proclame que l'on ne peut trouver dans l'Univers un corps dont on puisse dire qu'il est au repos¹⁵. En conséquence on ne peut attribuer un mouvement unique à aucun corps, pas même à la Terre. Descartes, qui refuse le vide, reprend la notion aristotélicienne de lieu dans un but de retour au langage courant et à ses évidences. S'il y a un mouvement plus proprement attribué à un corps, il est le résultat de la composition des divers éléments: le mouvement par rapport au corps le plus proche, puis de ce dernier par rapport à un ensemble plus grand etc... Ainsi en est-il des mouvements des rouages de la montre du marinier qui marche sur son bateau en mouvement sur le fleuve. Mais, au contraire de ce qui se passait chez Aristote, on ne parvient jamais à un stade ultime, et le mouvement demeure, chez Descartes, totalement relatif. A la finitude du

14 GALILEE, *Dialogue sur les deux systèmes du Monde*, trad. de l'italien par René Fréreau avec le concours de François de Gandt, Paris, Seuil, 1992. La question du mouvement de la Terre et la comparaison avec le navire en mouvement est longuement traitée dans la seconde Journée. Ce que nous disons ensuite du mouvement et des marées chez Galilée provient de la quatrième Journée, p. 414.

15 DESCARTES, René, *Principes de la Philosophie* (1644), dans *Œuvres de Descartes*, publiées par Adam et Tannery, Vol. IX (2), Paris, Vrin, 1978, seconde partie, p. 76-81.

Monde aritotélicien réponds la finitude de la pensée chez Descartes. Le processus qui nous conduit de proche en proche ne saurait parvenir à une fin. Cela ne provient pas forcément d'un Monde infini, mais du fait qu'il n'est plus hiérarchisé comme chez Aristote. On y tourne en rond au lieu d'aller simplement du centre vers l'extérieur.

Cette indétermination du mouvement rend ambigus les propos tenus sur la force centrifuge autant que le principe d'inertie, lorsque Descartes entend les préciser. La tendance du corps à fuir en ligne droite est difficilement compatible avec une définition relative du mouvement.

Huygens se battra toute sa vie pour une conception relative du mouvement, conséquence pour lui de la physique galiléenne autant que de la philosophie cartésienne.

Il démontre en 1656 l'ensemble des lois des chocs élastiques à partir de cas symétriques et de l'invariance galiléenne¹⁶, prise comme condition restrictive sur l'ensemble des lois possibles, et donc comme instrument positif pour trouver des lois et non plus seulement pour démontrer la possibilité du mouvement de la Terre. Son traitement, parfaitement efficace, consiste à considérer l'ensemble des chocs possibles (frontaux) de deux boules données (ensemble des conditions initiales), comme un seul choc vu de différents points de vue. Le choc, caractérisé par ses vitesses n'est pas invariant par changement de repère, mais il est "covariant" car il appartient à l'ensemble obtenu par changements de repère à partir d'un cas quelconque.

La nature relative du mouvement dont Huygens est profondément persuadé implique intuitivement pour lui un espace indifférencié. Il en est question à plusieurs reprises dans ses brouillons et correspondances, mais malheureusement jamais dans les oeuvres publiées. Il affirme dès 1654¹⁷:

"Personne ne peut comprendre le repos et le mouvement dans les corps si ce n'est par rapport à d'autres corps. Car rien ne peut être imaginé du mouvement dans les corps que ce qui échange les distances et les positions mutuelles des corps."

Et encore en 1668¹⁸:

¹⁶ HUYGENS, Christian, O.C. XVI, p. 30-91, pour l'édition posthume de 1703 intitulée: *De Motu Corporum ex Percussione*.

¹⁷ *Ibid.*, p. 111.

¹⁸ *Id.*, O.C. VI, p. 183.

“Il n’y a rien qui distingue le mouvement droit d’avec le repos, et l’un et l’autre n’est que relatif, l’étendue du monde étant infinie.”

Il n’est encore question que du mouvement rectiligne, la force centrifuge constituant alors pour Huygens un “critère” de mouvement. L’étude qu’il a consacré en 1659 à la force centrifuge est d’ailleurs l’occasion pour lui de montrer que son espace vide et indifférencié est vraiment un espace physique et non seulement celui de la géométrie euclidienne. Il considère un pendule dans le plan d’une roue en rotation et veut rendre compte de la tension radiale du fil par trajectoire que suivrait le mobile accroché au fil s’il était soudain libéré. Ce n’est pas la trajectoire tangentielle, telle qu’elle est vue de l’extérieur, qui peut lui donner la réponse. Il effectue donc un changement de repère, pour trouver que la trajectoire vue depuis la roue en rotation est bien au départ dans le prolongement du rayon.

La position de Newton survient, dans le premier Scholie des “Principes mathématiques de philosophie naturelle” de 1687, comme un coup de théâtre assez scandaleux. Il est clair que l’avantage de l’espace absolu comme repère est de rendre compte sans douleur des forces d’inertie. L’expérience de pensée du seau tournant est suffisamment claire pour se passer de commentaires.

Huygens aura alors bien du mal, après 1687, parce qu’il refuse obstinément l’espace absolu newtonien, à rendre compte de la force centrifuge comme conséquence d’un mouvement relatif des parties de la roues les unes par rapport aux autres. Ces parties conservent en effet les mêmes positions et distances mutuelles. Elles sont donc au repos mutuel selon les propres définitions de Huygens. Il explique alors que deux parties symétriques par rapport au centre seraient en mouvement rectiligne uniforme sur des droites parallèles si les contraintes du solide ne les contraignaient à tourner et à garder ainsi une distance mutuelle constante.

Huygens a-t-il expliqué la force centrifuge par la force centrifuge? Peut-être. Son unique interlocuteur possible à ce sujet est Leibniz, pour qui l’espace ne peut être non plus absolu. Leibniz écrit à Huygens en 1694¹⁹:

“Quand à la différence entre le mouvement absolu et le mouvement relatif, je croy que si le mouvement, ou plutôt la

19 LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm, *Mathematische Schriften*, 1, N.Y., Georg Olms Verlag, Hildesheim, 1971, 184-5, et O.C. X, p. 639, Lettre de Leibniz à Huygens du 12/22 juin 1694.

force du mouvante des corps, est quelque chose de réel, comme il semble qu'on doit le reconnaître, il faudra bien qu'elle est un subjectum. [...], je demeure d'accord que les phénomènes ne nous sauroient fournir (ny mesme aux anges) une raison infaillible pour déterminer le sujet du mouvement ou de son degré; et que chacun pourrait estre conçu à part comme estant en repos, et c'est aussi tout ce que je crois que vous demandes. Mais vous ne nieres pas que veritablement chacun a un certain degré de mouvement, ou, si vous voulés, de la force; non-obstant l'équivalence des hypotheses."

Huygens n'est plus d'accord. Il avait déjà refusé la loi de conservation de la "force vive" imposée par Leibniz pour le traitement des chocs, et pour toute la mécanique. Il est probable que le refus de Huygens provient de ce que cette quantité n'est pas, lorsqu'elle est considérée seule, invariante par changement de repère, et que sa propre méthode est justement fondée sur l'invariance.

Huygens revient alors à l'idée de l'espace pour lequel il reprend, sans le savoir, un scénario médiéval. Il imagine un corps unique dans l'Univers vide et infini. Son mouvement ne peut alors être repéré ni défini. L'espace lui-même ne peut alors être dit au repos ni immobile²⁰:

"A cet espace infini et vide, ni l'idée ou l'appellation de mouvement ni celles de repos ne conviennent. Si l'on estime qu'il est au repos, c'est semble-t-il uniquement pour avoir remarqué que ce serait absurde de le dire en mouvement [...] Car il n'y a aucune définition ou désignation du lieu si ce n'est par d'autres corps. [...]"

"Mais d'où vient l'idée de l'immobilité si ce n'est du repos relatif des corps? Par conséquent à cette idée on a ajouté qu'ils se reposent entre eux. Mais ton espace vraiment immobile, par rapport à quoi est-il en repos? Donc l'idée du repos ne lui convient pas. Et ainsi est fausse la notion de l'espace immobile en tant qu'immobile."

Ce qui est clair chez Huygens, et c'est pourquoi nous avons insisté sur sa position dans ce paragraphe, c'est que repérage et définition du mouvement

20 HUYGENS, Christian, O.C. XXI, p. 507.

sont volontairement et explicitement confondus. Huygens s'étonne de ceux qui, ne pouvant repérer le vrai mouvement, veulent qu'il existe tout de même dans la nature. Pas de différence chez lui entre évaluation et ontologie.

V. Un espace de représentation

Nous voulons mettre en évidence, à la suite des remarques précédentes concernant l'ontologie, une prééminence nouvelle du visible ou du visualisable sur le discursif. Or cette prééminence ne provient pas seulement de la géométrie en tant qu'elle est utilisée directement pour décrire le mouvement, mais également en tant qu'elle a permis d'établir les lois de la perspective et celles de l'optique.

La vision directe du Monde est faussée, la perception nous trompe. Ce n'est pas seulement une affirmation platonicienne, mais la conséquence des nombreuses déformations de la vision directe: perspective qui fait paraître plus petit ce qui est plus grand, ovale ce qui est rond, plus rapide ce qui est plus lent, au repos ce qui ne l'est pas. Tout ceci se trouve déjà dans les premiers traités d'optique, d'Euclide à Witelo en passant par Ptolémée et Ibn al-Haytham, traités qui sont d'ailleurs souvent intitulés "Perspective"

Les lois de la perspective mises au point par Filippo Brunelleschi et Leon Battista Alberti au quattrocento ne sont pas uniquement destinées aux architectes et aux peintres. Elles ont été incontestablement utilisées par Piero della Francesca, Masaccio, Uccello, par Léonard de Vinci. Mais les peintres les considèrent plutôt comme une possibilité supplémentaire que comme une règle stricte. Ils s'en amusent et les pervertissent. Les traités de perspective ne sont donc pas des traités pratiques au sens actuel de ce mot. Ils ne le sont qu'au même titre que les traités de mécanique, parce qu'ils sont produits hors du monde universitaire, donc hors du domaine de la philosophie. Mais ce sont des traités théoriques en ce sens qu'ils rendent universel le résultat d'un point de vue particulier en l'incluant dans un ensemble régi par des lois. La vision particulière se trouve justifiée, objectivée. Peu importe que les règles en soient appliquées ou non. Elles existent. L'invariance des lois de la perspective d'un observateur à l'autre fait de la vision particulière un phénomène "covariant", en ce sens que sa particularité est prévue, incluse dans un système.

Or au XVII^e siècle justement, la perspective entre dans le domaine des mathématiques pures avec la géométrie projective inaugurée par Desargues et Pascal. Une nouvelle tradition géométrique émerge, qui se développera au XVIII^e siècle avec Monge et Poncelet. Il ne s'agit plus alors de "points de vue", mais

d'une approche plus mobile, plus vaste que celle de la géométrie euclidienne. C'est l'approche d'un espace homogène et isotrope à trois dimensions.

Mais les erreurs de la vision, les "illusions", proviennent également de la réflexion et de la réfraction des rayons lumineux qui produisent des brisures et des colorations n'appartenant pas aux objets. Ces phénomènes sont utilisés depuis longtemps dans l'usage des lentilles et depuis peu dans l'usage des lunettes galiléennes. Si on est toujours, jusqu'à Newton, incapable de connaître le trajet des rayons lumineux dans une lunette, on en connaît le comportement sur ou à travers des surfaces coniques.

En même temps que son "Discours de la méthode" et que sa "Géométrie", Descartes publie sa "Dioptrique" comme s'il accordait la même importance à cette science jusque-là considérée comme subalterne. Sa justification est la suivante²¹:

"Toute la conduite de notre vie dépend de nos sens, entre lesquels celui de la vue étant le plus universel et le plus noble, il n'y a point de doute que les inventions qui servent à augmenter sa puissance ne soient les plus utiles qui puissent être."

Dans le "Discours de la méthode" Descartes justifie du choix de la dioptrique comme d'un exemple d'application de la méthode, car il faut bien faire un choix. Mais ce qui est amusant est qu'il se compare alors à un peintre qui doit choisir un point de vue pour représenter une réalité qu'il ne peut saisir dans son ensemble²².

Nous ne voulons certes pas faire de Descartes un empiriste pour lequel l'observation serait primordiale. Ce serait contradictoire avec le contenu de ses "Principes de la Philosophie" dans lesquels il s'agit justement de poser les principes *a priori* d'une étude de la Nature, comme nous l'avons déjà évoqué. Mais sans entrer véritablement dans la métaphysique cartésienne, nous mettons simplement en avant ici le fait que le mécanisme cartésien fait reposer l'explication sur une visualisation des phénomènes à la place de l'explication en termes de catégories. La causalité elle-même n'y est pas mieux traitée que chez Galilée puis-

21 DESCARTES, René, *Discours de la méthode, suivi d'extraits de la Dioptrique, des Météores, de la Vie de Descartes par Ballet, du Monde, de l'Homme et de Lettres*, édition établie par Geneviève Rodis-Lewis, Paris, GF-Flammarion, 1992, p. 97.

22 *Ibid.*, p. 62.

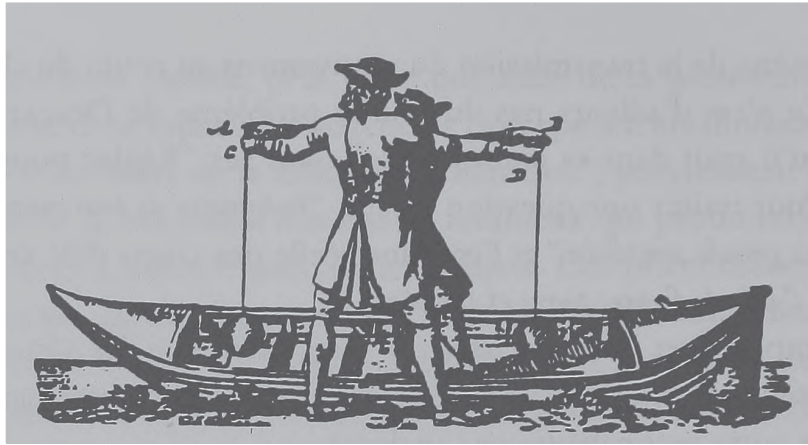
que le phénomène de la transmission du mouvement au cours du choc demeure mystérieux. Ce n'est d'ailleurs pas du tout le problème de Descartes qui obéit encore à ce qu'il avait dans sa jeunesse écrit dans ses "Règles pour la direction de l'esprit" Pour traiter une question il faut: "*l'abstraire de tout concept superflu, la réduire à sa plus grande simplicité*" et l'étendue réelle des corps doit être "*proposée à l'imagination à l'aide de figures pures et simples.*"

La simplicité et l'ordre cartésiens s'appuient sur des visions mentales, sur une représentation qui n'est pas celle que nous livre directement la perception, mais une autre reconstruite par analogie.

La représentation visuelle joue un rôle évident chez Galilée également. On sait dans quelle mesure il s'est intéressé à la peinture et au dessin. Sa physique est géométrique, cela est bien connu également. La figuration du mouvement dans les "Discours" de 1638 va bien au delà d'une représentation qui serait celle du mouvement tel qu'il est vu, puisque le temps y est figuré par une ligne²³, pour la première fois depuis les diagrammes oxfordiens et oresmiens. Le fait de figurer également les intensités des mouvements concrétise les rapports entre temps, vitesses et espaces, car tout est ramené à du spatial. Mais ce qu'apporte la visualisation chez Galilée dans ce cas, c'est surtout de ramener des quantités inhomogènes à des grandeurs homogènes, et donc de braver un interdit traditionnel. C'est aussi de faire figurer l'infiniment petit, l'instant et la vitesse instantanée étant représentés respectivement par un point et une droite. La représentation du mouvement, lorsqu'elle est autre chose qu'une simple trajectoire, ne s'effectue donc pas sans modifier radicalement l'appréhension des grandeurs qui y sont impliquées.

Huygens est un visuel, plus radicalement que ses deux maîtres Galilée et Descartes. Il dessine constamment. Lorsqu'il établit les règles des chocs à partir de l'argument du navire galiléen, il ressent le besoin d'établir une véritable réciprocité entre le navire et la berge, réciprocité dont Galilée n'avait pas eu besoin. Il est indispensable pour Huygens que le choc, tel qu'il est vu sur la berge, soit aussi réel que celui qui est vu du bateau, sans hiérarchie aucune entre les deux. Il imagine alors un procédé difficilement réalisable pratiquement mais parfaitement illustré par ses éditeurs posthumes en 1703: celui des deux compagnons qui, l'un sur le bateau et l'autre sur la berge, participent de la même façon à l'action d'un choc.

23 GALILEE, *Discours concernant deux sciences nouvelles*, Paris, Armand Colin, 1970, p. 140-1.



Cette illustration n'était pas indispensable à l'utilisation par Huygens de l'invariance galiléenne. Elle ajoute donc quelque chose de plus. Elle ajoute la réciprocité totale des deux repères, leur équivalence.

Ces compagnons sont, d'une certaine façon, les premiers "observateurs" situés dans un espace physique vide, constituant ainsi la scène sur laquelle vont se dérouler les phénomènes idéalisés. Il est vrai que ces observateurs ne sont pas passifs. Ils agissent en même temps qu'ils regardent. Mais cela ne fait que souligner la nature de l'espace de Huygens. Ce n'est pas l'espace de la perception visuelle mais celui d'une vision abstraite de phénomènes reconstitués par la pensée. Il en est de même des mercuriens, vénusiens et marsiens que l'on imagine à peu de chose près équivalents aux terriens, permettant ainsi de reconstituer un autre point de vue, point de vue qui a le même statut que le nôtre.

Conclusion

Dans ses "Nouveaux Essais sur l'Entendement humain" de 1704, auxquels nous avons déjà fait allusion, Leibniz tentait de trouver une définition générale de la figure géométrique. Au delà de ce qui est dit de la figure, la tentative est intéressante en ce qu'elle confronte le spatial avec le discours logique, comme le fera plus tard Kant à propos de la symétrie plane dans l'espace. Le résultat en est que quelque chose du spatial échappe au langage, au moins jusqu'à ce que le langage ne se soit donné, bien plus tard, des outils adaptés.

Cela nous permet de remarquer que si l'on n'admet plus au XVII^e siècle que le discours définisse quelque chose d'irreprésentable comme l'Univers fini et sans extérieur d'Aristote, on admet que la représentation contienne des éléments qui échappent au discours. Le langage mathématique devra s'y conformer, petit à petit. Ce parcours aura illustré également le fait que l'espace vide



servir à relativiser son point de vue et à réfléchir sur sa position et sa condition? Si c'est le cas c'est d'une toute autre façon, en termes de probabilités par exemple, car le scientifique moderne s'est lassé de l'ethnologie autant que de la fiction. C'est pourquoi la fraîcheur et l'enthousiasme des savants ou auteurs moins savants de l'époque classique nous séduisent toujours.