

Morphologie de la Physique : Le Continu et le Discret

V. BOCVARSKI¹, J. BAUDON² ET J. REINHARDT²

1. Institut de Physique de Belgrade, Pregrevica 118, 11080 Belgrade-Zemun, Serbia
2. Laboratoire de Physique des Lasers (UMR-CNRS 7538), Université Paris-13,
Avenue J.B. Clément, 93430 Villetaneuse, France
jacques.baudon@univ-paris13.fr ; bocvarsk@Eunet.rs

RESUME. De par sa logique propre et à cause des contradictions qu'elle rencontre, la Pensée n'a cessé de passer d'une vision continue à une vision discrète du monde. Cela est vrai des anciens Grecs dont le monde est celui des *formes*, aussi bien que dans le monde occidental où Existence et Essence sont distinctes et où la catégorie de base est l'*effet*. Descartes donne d'emblée le seul fondement logique possible à l'Existence (*cogito, ergo sum*), mais son affirmation que « la matière s'identifie à l'espace » aboutit à une contradiction semblable à celle qu'avaient rencontrée les Eléates : il est nécessaire de passer de l'« Un » à la pluralité, il faut « atomiser » le monde. Newton et Leibniz le font, chacun à leur manière, au sein d'un monde local ou global. Cette même contradiction réapparaît à propos de la lumière qu'il faut, elle aussi, atomiser : le photon était logiquement nécessaire.

ABSTRACT. Because of its own logic and because of the contradictions to which it is confronted, Thought alternately passes from a continuous vision of the world to a discrete one. This is true of ancient Greeks, whose world is a world of *shapes*, as well as in the Occidental world where Existence and Essence are distinct from each other, the basic category being the *effect*. With his *cogito, ergo sum*, Descartes establishes the Existence upon its only possible logical basis, but his principle that “matter and space are identical” leads to a contradiction similar to that already encountered by Eleatics: it is necessary to move from that “One” to plurality, *i.e.* the world must be “atomized”. Newton and Leibniz do it by their own, within a local or a global world. About light, the same contradiction appears, needing again an atomization: the photon was a logical necessity.

1 Introduction

Tout modèle physique se fonde sur un postulat initial et vise un but. D'abord existe, comme donnée prédéterminée, le monde des objets. Alors apparaît le besoin de comprendre et d'expliquer tant les objets que leurs relations mutuelles, c'est à dire de présenter la forme du monde comme une nécessité logique émanant de la donnée présupposée. En fait, on suppose que les objets et les phénomènes n'apparaissent pas par hasard mais qu'il règne en eux et entre eux des relations de cause à effet qui forment le *cosmos* (en grec *cosmos* signifie ordre), à l'opposé du *chaos*.

La recherche elle-même est, en soi et pour soi, un processus contradictoire. En effet, la raison, partant de l'expérience concrète et voulant expliquer, conçoit aussitôt des entités générales, des abstractions. En physique, il peut s'agir de la matière, de la masse, de l'électricité, du magnétisme, etc. Une telle abstraction est, par essence, la négation des différences au sein du monde des objets. Ainsi, dans la loi physique, les objets perdent-ils leur individualité pour devenir « égaux », si bien que leurs relations se ramènent nécessairement et logiquement à la quantité. Mais le but de la recherche est d'établir les lois du comportement d'objets *différents*. Ils doivent l'être en effet pour interagir mutuellement, car il n'y a pas de changement dans l'identité.

De là le caractère alterné du développement historique de la recherche. Telle ou telle affirmation, d'abord apparue comme pertinente, cesse de l'être et doit être abandonnée. La situation est sauvée en établissant d'une nouvelle différence. Ainsi d'un côté la différence est abandonnée, et de l'autre elle est préservée. Cette contradiction au sein même du processus de recherche dirige celle-ci alternativement vers (i) l'introduction de généralités absolues, par nature sans- différence, autrement dit *continues*; (ii) l'introduction sans cesse renouvelée, la redécouverte permanente de nouvelles qualités particulières (*discrètes*), afin que se maintienne la différence. La recherche doit être ainsi parce que le monde lui-même est double, constitué qu'il est de deux moments contraires. Chaque objet doit être unique, selon soi et pour soi, mais l'interaction entre objets efface leurs caractéristiques propres. La recherche devant incorporer ces deux moments, elle inclut logiquement une contradiction : l'interaction est le produit de plusieurs existences, donc l'existence individuelle (l'objet) avec ses qualités propres est *a priori* et l'interaction est *a posteriori* ; néanmoins ces existences individuelles ne nous apparaissent qu'au travers de l'interaction et donc l'interaction est *a priori* et l'existence individuelle est *a posteriori*.

2 Continuité et discontinuité en Hellade

2.1. L'Ecole Ionienne

Dans la pensée hellénique, tout commence par Thalès (env. 640-562 av. J.-C.), à qui Aristote rend hommage en le désignant comme le Père de la science Hellénique. Il ne nous reste aucun écrit de Thalès mais comme son oeuvre a été reprise et analysée maintes fois, c'est à lui qu'Aristote attribue sans hésiter les postulats préliminaires et cruciaux de la pensée grecque en matière de recherche [1] :

1. *L'eau est le principe de toute chose.*

2. *Toutes les choses sont remplies de dieux*

Pourquoi est-ce si important ? Parce que c'est Thalès qui, le premier, pose la question de la nature ultime du monde, le premier qui a compris les objets, les choses, les apparences individuelles, comme les formes variables d'un unique substrat initial et invariable, l'élément principal, l'eau. La pluralité du monde des objets est alors éliminée puisque tout provient de l'Un (de l'eau). Il en résulte que les objets sont les mêmes selon l'essence. Mais comme « toutes les choses sont remplies de dieux », les objets sont multiples, en eux et pour eux. Les qualités (les dieux) sont inhérentes aux objets alors que leur principe (leur substance) est commun. Leur principe, l'eau, est *a priori* et leurs dieux, leurs attributs, sont *a posteriori*. Les objets ne sont différents que formellement, leur pluralité n'est qu'une apparence relative et mensongère car ils proviennent tous de l'Un.

Toutefois, le choix de l'eau comme premier substrat était de nature à provoquer une certaine confusion dans les esprits car l'eau se trouve être aussi un objet particulier. Pour éviter cette confusion, Anaximandre (env. 610-547 av. J.-C.), élève de Thalès, introduit, au lieu de l'eau, la « généralité indéterminée » (*απειριων*, l'aperion)¹. Puis il va au-delà, en cherchant à comprendre quelles sont les relations entre éléments (l'eau, l'air, la terre) nécessaires à l'apparition d'un objet quelconque, en introduisant la notion d'équité ou d'équilibre. Le fait qu'un élément dépasse les limites d'un autre est l'exemple même de l'iniquité, et cet élément est « puni » (par exemple un liquide se transforme en solide), pour être assimilé de nouveau dans l'aperion indéterminé. C'est ainsi que le liquide disparaît et le solide apparaît.

¹ « Ce n'est ni l'eau ni l'un quelconque de ses soi-disant éléments qui importe mais quelque chose d'une tout autre nature, quelque chose d'infini d'où proviennent tous les ciels et tous les mondes,... et, avec eux, l'injustice. [2] »

Le substrat est seul et unique et les dieux se réduisent aux formes d'apparition (solide, liquide, gaz). Celles-ci précèdent, à leur apparition, les objets et elles doivent être justes (équilibrées).

Héraclite (env. 535-475 av. J.-C) introduit une quatrième forme d'apparition, *le feu* et, du même coup, la notion d'*activité créatrice*. Pour Héraclite, la réalité est Une : « *Si vous avez obéi au Logos et non à moi, alors il est sage de s'entendre que tout est l'Un* ». Mais il est clair aussi que l'essence de l'Un se trouve dans le conflit des contradictions: « *Il faut savoir que la guerre est l'ancêtre de tout, que l'équilibre est une dispute et que tout est créé selon l'équité et la nécessité* ». Et pour les gens simples, il ajoute : « *Ils ne comprennent pas comment ce qui en soi dans la chose est contradictoire, s'accorde malgré tout avec soi-même : c'est un ajustement, comme celui de l'archet et de la lyre* ». [2].

Bien que l'expression en soit encore naïve, les postulats sont ainsi établis. La réalité (le monde) tire son origine de l'Un (le continuum) tandis que sa forme d'apparition est quadruple: la terre (entendre le solide), l'eau (le liquide), l'air (le gaz), le feu. Puis vient la réalité qui est multiple, où chaque objet est unique. Dès lors la structure est en place, mais la contradiction demeure : Pourquoi l'Un (le continuum) se réaliserait-il dans ou à travers la pluralité ? D'où provient la différence *dans* l'Un ? Qu'est-ce l'Un en pluralité ?

2.2 L'Ecole de Pythagore (Pythagore, env. 580-500 av. J.-C.)

A propos de pluralité se pose d'abord la question suivante : les individus constituant la pluralité, même s'ils n'y sont qu'en tant que représentations, sont-ils là par hasard, ou leur apparition se conforme-t-elle à des lois nécessaires ? Si l'apparition et la disparition sont déterminées par la nécessité, alors la loi de production des individus doit être *a priori*, car le continuum absolu ne saurait produire la différence en lui-même. Telle est la direction de recherche qu'a choisi de prendre l'école de Pythagore.

Pour une conscience « simple », les choses, les objets, sont donnés, ils existent selon eux et pour eux, c'est à dire que chaque objet est une singularité absolue. A partir de cette distinction voulue, une chose est une chose et non une autre : elle est simplement égale a elle-même. Toutefois si l'on examine attentivement cette attitude, on voit bien qu'elle ne mène nulle part. En effet une chose qui est auto- séparée ne peut pas se mettre en relation avec une autre chose car une telle relation est aussi une chose en soi. Les relations elles-mêmes sont auto- séparées. On peut dire ainsi du fer qu'il est le fer, mais on ne peut pas dire le « fer est gris » car le gris implique la lumière et le fer n'est pas la lumière, non plus que la lumière n'est le fer. Cependant une

conscience simple dotée toutefois d'un certain sens physique dira plutôt que le fer n'est pas le fer, mais que c'est une forme qui apparaît comme le résultat d'un certain assemblage d'électrons, de protons et de neutrons... à savoir que le fer est simplement une scène où trois acteurs principaux jouent leur rôle. Ces mêmes acteurs forment ailleurs une autre représentation, dans l'aluminium par exemple, et une autre encore dans le soleil. Pour la simple conscience physique, le fer n'est pas le fer et le soleil n'est pas le soleil, ce sont des scènes particulières du grand spectacle qui nous entoure, dans lequel les rôles sont répartis et le scénario établi. Nous devons admettre que les acteurs principaux, comme d'ailleurs toute la suite des figurants, ne forment pas la scène à eux seuls : ils ne sont, comme dans toute pièce, que le moyen grâce auquel la scène se joue et nous apparaît. L'électron, le proton et le neutron ne choisissent pas tous seuls leurs états mais ces états se réalisent en eux, à savoir, les états leurs adviennent de l'extérieur, ils les subissent (*cf.* le modèle de Bohr). Regardant ce spectacle, la conscience simple comprend que les solutions scéniques sont déterminées par certaines *règles de dramaturgie*. Cette dramaturgie possède dans sa base, les nombres ainsi que leurs relations (évidemment arithmétiques) et ce sont justement ces nombres et leurs relations qui harmonisent tous les phénomènes : les scènes ne sont pas occasionnelles, elles sont *arrangées*. C'est à dire que l'organisation du monde (cosmos = ordre) relève des nombres et non des participants. Des physiciens contemporains, comme les émules de Bohr, pourraient dire que : « *Le nombre est l'essence de toutes choses et l'organisation de l'univers présente en général dans ses déterminations un système harmonique de nombres et de relations entre ces nombres.* » En réalité, cette assertion se réfère au système quantique pythagoricien et on la trouve dans la Métaphysique d'Aristote [3].

Le système pythagoricien commence par le nombre *Un*. C'est nécessaire car si l'on veut comprendre la singularité (*une* chose), *Un* est la première catégorie de la pensée. *Un* doit être actif selon soi et pour soi car, à l'instar du nombre quantique principal, il représente le monde. « *Les pythagoriciens affirmaient que les éléments (les attributs) des nombres sont d'être soit pairs, comme l'infini, soit impairs comme le fini et, en même temps que Un est à la fois pair et impair, car Un ajouté au pair produit l'impair et ajouté à l'impair il produit le pair ... Un tire son origine des deux parités, ainsi que les nombres le font de Un.* » [3]

Les nombres ont des caractéristiques, mais elles sont statiques et ne peuvent à elles seules se transformer en une autre. Comme le pair se transforme en impair en ajoutant (en faisant agir) *Un* et inversement, il en résulte nécessairement que c'est *Un* qui est actif et qui doit contenir en soi les deux caractéristiques. Il est en soi en même temps pair et impair. Il n'est donc pas sim-

plement *Un*, il est en soi un doublet. Tout s'enchaîne alors logiquement. D'abord, c'est *Un*, être à la fois absolu et particulier. Puis vient Deux, représentant la pluralité, mais ce n'est pas un nombre deux ajouté de l'extérieur car il représente la pluralité, dont l'origine véritable se trouve dans *Un*. Ensuite viennent les caractéristiques, telles que la parité. Les choses, les objets apparaissent. Ce sont des êtres particuliers portant en eux diverses caractéristiques et justement celles-ci les font être des objets, et c'est sur la base de ces caractéristiques qu'ils se différencient les uns des autres. On a donc finalement le monde comme *Un*, qui se présente à nous par la pluralité, et chaque membre de cette pluralité est aussi particulier par rapport au cosmos entier, tout en étant, en même temps, multiple en lui-même.

Nous voici maintenant avec un trio (*Trias*) d'éléments : *Un*, *pair*, *impair*. Le pair et l'impair étant des caractéristiques absolument contradictoires, ils ne peuvent figurer dans l'unité en tant que simples éléments constitutifs : le nombre *Un* ne peut pas être leur simple réunion ni leur somme, il doit être leur unité, alors que le pair et l'impair sont des « moments » de ce *Un* et non ses éléments. Le nombre *Un* est ainsi à la fois l'*Un* et l'Unité. Si l'on considère tous les « moments » comme distincts, on parvient au nombre 4 (*Tétrras*). Pour les Pythagoriciens, le *Tétrras* était le nombre parfait en ce qu'il est, d'une certaine manière, un *Trias* parfait. Ainsi l'objet qui prétend apparaître doit-il posséder une structure quadruple². L'objet n'est plus autodéterminé, il est défini par la loi des nombres et de leurs relations³. Par leur refus de

² Noter que, selon la représentation numérique de Bohr - Sommerfeld, l'état d'un atome est aussi quadruple.

³ Si l'on veut interpréter le monde par les nombres, les catégories de pensée doivent correspondre à ces nombres. Ainsi le *Tétrras* n'est-il pas uniquement la forme basique du monde des apparitions, il est aussi la forme principale de la pensée. L'objet de la pensée, analogue à l'objet dans le monde des apparitions, est une attitude ou une conclusion telle que, par exemple : « Socrate est un maître ». Cette attitude est bien sûr différente de toutes les autres attitudes possibles, elle est unique. Or elle ne se forme pas par elle-même, elle apparaît en tant que conclusion, comme le produit de deux prémisses, telles que par exemple : « Les maîtres instruisent les autres » et « Socrate instruit les autres ». Donc, la conclusion se divise elle-même en deux moments, de sorte que l'on n'a pas un mais trois éléments : conclusion + prémisses 1 + prémisses 2. La conclusion n'est pas la simple réunion de ces prémisses, car elle serait alors formulée ainsi : « Les maîtres instruisent les autres et Socrate instruit les autres », mais elle est l'*Unité* de ces prémisses. Ce que signifie l'Unité, on le voit au fait que la conclusion contient les propositions principales des deux prémisses tandis que l'« enseignement » et ceux qui sont instruits, à savoir « les autres » n'apparaissent plus. La conclusion apparaît du même coup comme une attitude particulière en elle-même

l'impression des sens, les bases de la recherche ionienne rejoignent la révolution copernicienne. Parti du Un (le substrat), on parvient avec les Pythagoriciens à une structure qui montre de quelle façon cet Un accède à la pluralité, c'est à dire quelles sont les conditions à respecter pour que l'Un soit en droit d'apparaître en pluralité. La structure est donc développée, mais on ne voit pas encore la *cause* faisant que cet Un se réalise en apparition. D'où vient-elle, cette impulsion à agir, cette « activité » ?⁴ Après tout, l'histoire du monde ne serait-elle pas plus logique si cet Un restait indifférent quant à sa réalisation dans l'apparition des objets, puisque alors il demeurerait identique à lui-même ? Comme on l'a vu, une première tentative a été faite (Héraclite) pour attribuer le rôle d'« activité » à l'une des formes d'apparition, en l'occurrence le feu, mais ce n'est là qu'une analogie née des sens. On ne voit pas en effet la nécessité logique que l'une quelconque des formes d'apparition soit spécialement active tandis que les autres ne le seraient pas⁵.

2.3. L'École d'Elée (VIe-Ve siècle avant J.-C.)

On doit donc examiner plus avant ce substrat, cet Un, et c'est l'école d'Elée qui s'en est chargée. L'attitude des Eléates, de Parménide en particulier, est de dire que « *seul l'Être est* », ou que « *tout est l'Être* », ou bien encore que *tout provient de l'Être*. On pourrait dire, en utilisant un langage contemporain : *tout est Matière*, ou, en électromagnétisme, *tout est Champ*, ou bien, avec Einstein, *tout est Énergie*. L'Être existe, quelle que soit sa nature, et il *doit* exister. En effet, il n'est pas acceptable de dire : « l'Être *peut* exister » car dire cela signifierait qu'il pourrait aussi bien ne pas exister, autrement dit qu'il tiendrait son existence de quelque chose d'autre, c'est à dire de *rien*. Et *rien* ne peut être le sujet d'aucune analyse, car parler de rien signifie *ne pas parler*, de même que penser à rien signifie ne pas penser. De plus, l'Être « est » toujours. Car si quelque chose devait survenir, cela ne pourrait provenir que de l'Être ou du non-Être. Or si une chose provient de

et comme l'unité des prémisses, à savoir qu'elle est *Un* aussi bien que l'*Unité* et si l'on distingue spécifiquement tous les moments du syllogisme, on obtient le nombre 4 au lieu de 3.

⁴ « Car s'il existe la naissance et la mort d'un ou plusieurs principes, la question qui se pose est : sur la base de quoi ? Et pour quelle raison ? Car la matière seule ne provoque aucun changement sur elle-même. » [5]

⁵ On ne voit non plus aucune nécessité logique qu'une masse inerte attire une autre. Newton a attribué la caractéristique d'activité aux masses, encore une fois suivant la sensation et non la nécessité.

l'Être, cela ne constitue pas une vraie création puisque l'Être existe déjà, et si une chose provenait du non-Être, alors *rien* devrait être quelque chose pour que l'Être puisse en provenir, ce qui est contradictoire. L'Être ne peut ni apparaître ni disparaître : il *est* tout simplement. Comme cela doit être vrai de chaque chose existante, on doit en tirer la conclusion que jamais rien ne naît. Comme le dit Parménide lui-même :

Ecoute quels sont les deux chemins possibles du savoir. Le premier est que seul l'Être est et que le non-Être n'est pas – c'est le chemin sur lequel tu trouveras la vérité. L'autre est que l'Être n'est pas et que le non-Être est. C'est un chemin qui n'est pas raisonnable car le non-Être, tu ne peux ni le connaître ni l'exprimer [...] Il faut dire que le discours et la Pensée sont l'Être, car l'Être est et le non-Être n'est pas, absolument. [4]

Maintenant qu'il a été institué logiquement que « seul l'Être est », il faut voir quelles conclusions l'on en tire. « *L'univers infini est Un, car s'il y avait deux univers, alors entre eux devrait exister une frontière [Ou la frontière existe, et alors elle n'appartient ni à l'un ni à l'autre des deux univers ; c'est donc un troisième élément et on se retrouve ainsi avec trois frontières, etc. ce qui n'est pas possible ; ou la frontière n'existe pas et donc il n'y a qu'un seul univers]. Un est identique à lui même, sinon on n'aurait pas Un mais la pluralité. [...] Un ne change ni sa position ni sa forme, il ne se mélange à rien d'autre parce que toutes ces éventualités donneraient la possibilité que le non-Être apparaisse et que l'Être disparaisse.* » [4]

Exprimons cela dans un langage plus contemporain. Si « *tout est Matière* », peut-on supposer qu'il y ait deux matières ? Si elles sont deux, elles sont différentes l'une de l'autre. Alors une frontière doit exister entre elles. Sur cette frontière, les deux matières doivent disparaître. Ce « quelque chose d'autre que la matière », la frontière, doit être non- Matière, par exemple l'« espace » ou le « vide », donc un autre continuum qui est différent de la matière et cela n'est pas possible puisque « *tout est Matière* ». De même, la matière doit être égale à elle-même, car l'inégalité sous-entendrait que la matière contient quelque chose d'autre qu'elle-même, c'est-à-dire quelle diffère d'elle-même, et cela n'est pas possible. Donc la Matière, Une et Unique, doit être continue. Mais le continuum est la négation de toute différence. Si l'on suppose que l'espace (vide) existe, espace dans lequel se trouvent les objets (matière, énergie, champs), alors l'espace doit être quelque chose d'autre que les objets, c'est-à-dire un non-objet. L'espace doit donc être une non-matière (un non-Être), autrement dit *rien*. Si l'espace n'est *rien*, les choses ne peuvent pas s'y trouver car cela signifierait qu'elles occupent une partie de *rien* et vont donc posséder les attributs du *rien*. En conséquence la matière contiendrait la non-matière et cela il nous faut le rejeter. Si

l'on suppose au contraire (comme le fera Newton) que l'espace est « quelque chose », en raison de l'hypothèse de départ, il va se trouver dans un autre espace qui doit être sa négation, c'est à dire *rien* de *rien*, etc. jusqu'à l'infini. De cette façon, l'hypothèse de l'espace vide perd son sens, et son rôle de récipient dans lequel on poserait les objets ne peut pas tenir logiquement. Les choses, donc, ne peuvent être ni dans l'espace ni dans le vide⁶.

Le résultat essentiel de cette analyse est non seulement qu'un continuum ne saurait contenir un autre continuum ni d'ailleurs quoique ce soit d'autre, mais aussi qu'il ne peut présenter aucune différence par rapport à quoique ce soit d'autre, c'est-à-dire que l'autre ne peut pas exister. S'il n'y a pas de différence, le changement n'existe pas non plus et il doit être rejeté comme une absurdité logique. La meilleure façon de le démontrer est d'examiner le mouvement⁷ et de démontrer qu'il est illusoire. C'est à cette tâche que Zénon s'est consacré dans ses célèbres apories. Il faut marquer le plus grand respect à l'égard de cette intelligence qui, avec une nécessité logique dénuée de toute fourberie, a montré que le monde des phénomènes et la connaissance que nous en avons par l'expérience sont incapables de constituer une quelconque base de vérité⁸. En effet, le réalisme naïf (la conscience simple), qui se réfère toujours au jugement des sens, peut dire « tout le monde peut voir qu'Achille arrive au but le premier ». Mais, « tout le monde peut voir » aussi, et même chaque jour, que le soleil tourne autour de la terre. Pourtant sur la base de raisons logiques, nous considérons que ce spectacle est mensonger, que cette représentation nous trompe, et qu'un certain Copernic a raison.

⁶ « Posons-nous la question de savoir quelle cause on peut trouver à la place des objets ? Car dans la place ne se présente aucune cause puisque la place n'est ni la substance d'une chose, ni sa forme, ni son concept [son idée], ni son but, ni son promoteur. Ensuite, si l'espace lui aussi est l'Être, où se trouve-t-il ? Car le dilemme de Zénon incite à une certaine réflexion. Si chaque chose se trouve à sa place, en ce cas [si l'espace est l'Être] on aura la place dans la place, etc. jusqu'à l'infini. Et ensuite, comme chaque chose se trouve à sa place, chaque place contient aussi la chose. Que peut-on dire alors d'une chose qui grandit ? En ce cas il est nécessaire que la place grandisse aussi avec le corps, car la place de chaque chose n'est ni plus petite ni plus grande que la chose elle-même. » [6].

⁷ Il faut entendre ici le mouvement en toute généralité, en y incluant les changements des attributs et aussi le changement de l'intensité de ces attributs.

⁸ David Hume (1711-1776) a aussi montré que l'on ne saurait fonder sur l'expérience les strictes lois de la nature, et surtout pas cette loi fondamentale qu'est le principe de causalité dans le changement.

Telle est l'attitude correcte : ne pas se contenter de la simple sensation, mais comprendre.

Les Eléates éliminent non seulement la pluralité et le mouvement, ils éliminent aussi la causalité. Car si le changement n'existe pas, alors les conséquences ne peuvent être l'effet des causes. Les conséquences doivent donc coexister avec les causes, elles sont incluses dans les causes et non produites par elles. Cette conclusion est absolument générale : elle inclut la pensée elle-même. En effet, jusqu'ici, nous (Xénophane, Parménide, Zénon) avons discuté de l'Être, nous avons pensé l'Être. Peut-on conclure que Pensée et Être sont deux choses distinctes ? Qu'est ce que penser ? C'est créer des concepts, des conclusions, etc. Mais que sont ces concepts ? Sont-ils autre chose que la Pensée ? Bien sûr que non. La conclusion aussi est la Pensée. Par exemple, le syllogisme est la Pensée, depuis les prémisses jusqu'à la conclusion. Mais la Pensée peut-elle apparaître ou disparaître ? Il pourrait *a priori* apparaître de la Pensée ou de la non- Pensée. Qu'il apparaisse de la non- Pensée n'est pas possible, car cela signifierait que la non- Pensée pense, et c'est une contradiction. Reste que la Pensée provient de la Pensée. Mais ce n'est pas une véritable apparition puisque la Pensée existe déjà.

« La Pensée et son essence sont identiques l'une à l'autre. Car tu ne peux trouver la Pensée sans l'Être dans lequel elle s'exprime, et hors de l'Être, il n'existe rien... Car il n'existe aucun non- Être qui puisse empêcher la Pensée de pénétrer jusqu'à elle-même. » [4]. Ainsi tout ce qui a été dit à propos de l'Être vaut-il aussi bien pour la Pensée⁹.

Résumons ce conflit de l'Un et du multiple : Les Ioniens ont tenté, comme bien d'autres, de trouver le principe du monde. Le monde dans sa représentation est un monde de pluralité, de différences et l'on se pose la question de savoir comment réconcilier Un principe avec la pluralité, et aussi avec le changement que l'on observe dans le spectacle naturel qui nous entoure. Les Pythagoriciens ont accepté la pluralité comme principe de base, en rejetant l'Un. Il existe alors la multitude des individualités, et la structure de chaque individu est contrôlée par des rapports sévèrement mathématiques. Mais les Eléates ont affirmé, et d'une manière tout aussi péremptoirement logique, que l'Un (le continuum) doit être la base du monde, en excluant la pluralité.

⁹ Ce point est très important. L'Être (ou la pensée) se produit lui (ou elle) -même. C'est une activité propre qui ne produit rien d'autre qu'elle-même. (cf. le « *Causa sui* » de Spinoza)

2.4. *L'Individualisation ou « Atomisation »*

Si l'on admet l'attitude de Zénon selon laquelle on peut diviser à l'infini le continuum absolu, peut-on parvenir à l'Être nul, c'est à dire au non-Être ? Cela n'est pas possible car « quelque chose » ne peut devenir « rien ». Donc la division doit aboutir à « quelque chose » qui n'est plus divisible : *το ατομον*, l'atome. Si cette chose n'est pas divisible et qu'en même temps elle existe, alors on doit la comprendre comme un *élément* de l'Être, qui est à la base de tout. Par ailleurs l'atome est limité, il a sa frontière. Cette frontière est non-lui, autrement dit elle est non-Être. On est alors obligé de reconnaître que *le non-Être est*. L'atome est en lui même le continuum absolu, mais il est aussi le discontinu absolu à sa frontière. Si l'atome est l'élément de base de toute apparition, c'est-à-dire de tous les objets, alors son contraire doit apparaître comme non-corporel. C'est à Leucippe et Démocrite (~ Ve av. J.-C.) que l'on doit la solution de ce problème logique de divisibilité à l'infini :

« Ce qui est plein n'est pas simple mais représente une multitude infinie. Cette multitude d'êtres se meut dans le vide, puisque le vide existe. Leurs associations constituent le devenir, leurs séparations la décadence. Cette « activité » et cette « passivité » se font par des atouchements mais, par ces atouchements, ils ne parviennent pas à être une seule et même chose. Car celui qui est vraiment Un ne peut devenir multitude, non plus que celui qui est multitude ne peut devenir Un. En réalité, ces êtres ne sont ni passifs ni actifs et ils restent toujours séparés par le vide. La liaison et la séparation ne sont que le vide. » [7]

On voit que les atomistes ont gardé l'attitude des Eléates et que tout ce qui existe en dehors des objets eux-mêmes (les rapports, les mouvements, etc.), tout ce qui est négatif, appartient au non-Être. Pourtant le rapport, même s'il participe du non-Être, n'est pas inexistant, au contraire, il est. Autrement dit, les relations (rapports, mouvements,...) ne sont pas des déterminations de l'Être, mais celles du non-Être (*la liaison et la séparation ne sont que du vide*). Le lien entre les atomes, qui sont la base de l'Être, est négatif, il vient d'ailleurs, il est autre que les atomes. Il en va de même quand on compte de l'argent : un Euro, deux Euros,... Ce n'est pas l'argent qui produit cette liaison, non plus qu'il la subi, c'est un lien qui est autre et qui n'appartient pas à l'argent.

Mais comment ces atomes se caractérisent-ils ? Selon Leucippe et Démocrite, il y a dans le monde un nombre infini d'éléments ou atomes qui diffè-

rent par leur *forme*, et ils ne possèdent aucune autre qualité que celle-là¹⁰. La qualité « forme » assure à la fois la continuité interne absolue des atomes et les différences qui existent entre eux. La continuité est la qualité de ce qui est partout égal à soi-même et qui est en outre invariable par rapport à l'extérieur (impénétrabilité), comme quelque chose qui se maintient en identité avec soi-même. Mais il ne faut pas comprendre cette impénétrabilité à la façon de Descartes, comme celle d'un corps matériel : il s'agit ici d'identité propre, comme celle d'une sphère qui est partout et toujours identique à elle-même. Cela veut dire que les formes élémentaires des atomes ne peuvent pas se mélanger (non plus que celles de la sphère et du cube), elles restent toujours séparées par la « sans- forme »¹¹. On ne peut pas dire, par exemple, que la sphère et le cube sont *séparés* par le cône, parce que le cône est lui-même une forme particulière, aussi distincte de la sphère qu'elle l'est du cube. Pour distinguer la sphère du cube il faut admettre que la différence existe et que cette différence n'est pas une nouvelle forme définie, mais quelque chose qui n'est pas la forme, c'est-à-dire une « sans- forme » ou bien un non-être. Il en va de même des atomes. Les formes peuvent se « toucher », mais elles ne peuvent jamais s'identifier l'une à l'autre. En se touchant, elles bâtissent les objets sensibles, mais ce voisinage, ou cet éloignement, ne change rien quant à leur essence.

« Pour Leucippe, formation et séparation sont deux processus qui impliquent vacuité et contiguïté. Toutefois il ne définit pas la contiguïté comme un contact réel de deux atomes, mais plutôt comme une distance entre eux très petite, car les atomes demeurent séparés. » [9]

Autrement dit, les atomes ne peuvent, en interagissant, changer ni leur état ni leur forme¹². Tandis que, chez Parménide, Melias et Zénon, on trouve la négation absolue de la réalité de l'espace et du temps, Leucippe et Démocrite concluent que le vide, en tant que « passivité sans forme » est, mais il n'est pas corporel du fait qu' il ne peut posséder aucune propriété de l'être. Il faut souligner aussi que, chez Leucippe et Démocrite, on ne trouve ni les forces invoquées par Empédocle, comme « amour ou haine », ni le *Noûs* (l'Esprit)

¹⁰ « Le doux, l'amer, le chaud, le froid, la couleur sont le produit de notre esprit, mais en vérité il n'existe que les atomes et le vide. » [8]

¹¹ Au 17^e siècle, Descartes va constater que l'impénétrabilité des corps provient de leurs propriétés géométriques.

¹² Malgré le calcul infinitésimal de Démocrite, dont parle Archimède dans sa lettre à Eratosthène, le problème du passage à la limite n'est jamais considéré. Pour ce faire, la séparation de existence et de l'essence sera nécessaire.

d'Anaxagore. Existent seulement les atomes (les formes) et le vide (la sans-forme), et rien d'autre. De ces deux contraires sort le monde entier, sans qu'il soit besoin d'une force promotionnelle comme cause du changement. Les atomes possèdent comme attribut le mouvement éternel, et cela suffit. Aristote reproche aux atomistes de ne pas expliquer la cause du mouvement, mais, pour Leucippe et Démocrite, le mouvement éternel des atomes ne demande aucune explication¹³. La recherche de « la cause du mouvement » sous-entendrait en effet l'introduction d'un troisième principe qui serait ni la forme ni la sans-forme.

Le but de la recherche de Leucippe et Démocrite est l'individualisation de la forme (chez les Grecs le mot *atome* signifie aussi individu), ce qui paraît être la négation absolue du continuum (l'Être des Eléates). Mais par le postulat que la sans-forme est, l'Être Eléate est sauvé, du fait que la différence entre forme et sans-forme est absolue. On ne saurait en effet comprendre cette individualisation en disant que la forme se trouve dans la sans forme ou bien que la forme contienne la sans-forme. Donc, les atomes se ne trouvent pas dans l'espace (le vide) non plus qu'ils n'occupent une partie de cet espace : Cela n'est pas possible, car les atomes et la sans-forme ne possèdent aucun attribut commun. De façon générale, cette reconnaissance que le « *non-Être est* » joue un rôle essentiel dans toute atomisation dès lors qu'on la fait de façon conséquente. On peut déjà en conclure (c'est Platon qui le fait) que la sans-forme (l'espace, le vide) est le substrat sur lequel la forme se réalise. Leucippe et Démocrite ont ainsi démontré qu'on ne peut pas expliquer le monde sur la base d'un seul principe, mais qu'il en faut deux. Un seul principe conduit au continuum absolu, c'est-à-dire à la simple identité, par laquelle on peut - peut-être - expliquer le chaos (dans le chaos toute différence est abolie) mais certainement pas le cosmos.

Résumons. L'école Ionienne a commencé sa recherche en comprenant les formes de base (la terre ou le solide, l'eau ou le liquide, l'air ou le gaz, le feu ou le plasma) comme quelque chose d'*a priori*, en choisissant l'une d'elles comme étant à la base des phénomènes. Les Pythagoriciens ont démontré mathématiquement qu'il faut prendre comme base la pluralité, et que la structure de chaque particularité est une nécessité logique. Les Eléates ont mis en évidence l'aspect contradictoire de cette attitude en démontrant, tout aussi logiquement, que l'on doit prendre comme base le seul continuum. Les deux

¹³ De même aujourd'hui, on ne se pose pas la question de savoir d'où vient le mouvement éternel des photons, non plus que la raison du mouvement des atomes ou des molécules en théorie cinétique des gaz.

écoles ont fondé leurs positions sur une analyse logique qu'on ne peut ni démentir ni rejeter. Les atomistes ont voulu résoudre cette contradiction, en revendiquant l'existence de la différence (du non-Être) en soi et pour soi. « *Il ne suffit pas d'être, il faut aussi être différent de* ». Au premier coup d'œil, la solution atomiste n'est pas seulement logique, elle est aussi nécessaire. Cependant on sent bien, dans le modèle de Leucippe et Démocrite, une tension entre deux mondes, l'un continu et l'autre discret. La forme est individualisée, mais le nombre est illimité, et cela ramène l'individualisation vers le continuum.

Comment rassembler tout cela dans un modèle unique ? Comment réunir les Pythagoriciens, les Eléates et les atomistes, en préservant la nécessité logique de tous ? Il faut garder les formes élémentaires et individualisées, en admettant en même temps la sans-forme comme quelque chose qui contient les négations, et démontrer en outre que ces formes élémentaires produisent l'apparition, qui doit être quadruple. Tous les efforts déployés jusque là n'y ont pas suffi. Seul un entendement d'exception en était capable. On le trouve chez Platon (428 – 347 av. J.-C.). Le rapport entre les formes (les corps) se réalise à leurs frontières, qui ne peuvent être que des surfaces. L'élément de base de la surface, c'est-à-dire forme la plus simple, est le triangle, car toutes les autres formes peuvent être construites à partir de lui et, en même temps, la forme du triangle ne peut être simplifiée. Comme triangles de base, il convient de prendre le triangle rectangle isocèle et le triangle rectangle non isocèle, car tous les autres triangles sont produits à partir de ces deux-là. Avec ces deux triangles, on peut construire quatre et seulement quatre polyèdres réguliers : tétraèdre, octaèdre, icosaèdre, et cube [10]. À la base de cette véritable *géométrie quantique*, les formes d'apparition, elles aussi au nombre de quatre, sont liées univoquement aux polyèdres réguliers (tétraèdre = feu, octaèdre = air, icosaèdre = eau, cube = terre). C'est la combinaison de ces polyèdres qui produit les phénomènes. Par rapport au monde occidental où la catégorie de base sera l'effet et où tout peut être réduit à un quantum élémentaire d'effet, le monde des Grecs est le monde des formes, que l'on peut réduire à des triangles élémentaires.

3 Le continu et le discret dans la pensée occidentale

3.1. Introduction

La cosmologie Grecque est restée longtemps dominante : il a fallu attendre des siècles pour que la représentation du Cosmos évolue de façon radicale, non pas à cause de disputes entre philosophes Grecs, ou de contradictions

internes à leur système. Cette mutation s'est faite d'une façon bien plus fondamentale, au niveau ontologique, par le postulat de la séparation entre Existence et Essence. Entreprise *ab nihilo* au Moyen Age, elle exigea beaucoup d'efforts. Son origine remonte en fait à l'École Ionienne, avec Anaxagore (500-428 avant J.-C) qui apparaît ainsi comme un précurseur isolé:

« Celui qui, le premier, a affirmé que l'Esprit est la cause du monde et de son arrangement, tant dans la vie que dans la nature, apparaît comme le premier homme sensé... On peut qualifier de « naturalistes » les philosophes qui ont précédé Anaxagore, et, comme un gladiateur portant un beau coup plus par chance que par habileté, on peut dire d'eux qu'ils n'avaient aucune conscience de ce dont ils ont parlé » [11]

La proposition d'Anaxagore, qui affirme que seul l'Esprit est, se retrouve, dans la pensée occidentale, chez Descartes, exprimée en la seule formule : « cogito, ergo sum » : ce seul appui logique de l'Existence, est l'*a priori* à partir duquel doit commencer toute réflexion. C'est l'irruption du subjectivisme dans la pensée scientifique. Bien sûr, cette notion de subjectivité ne comporte ici aucune connotation péjorative. Elle traduit un système de pensée qui, ne trouvant pas d'explication à l'ordre du monde sous la forme d'un principe objectif (comme l'eau, l'air, le nombre, l'inertie, la force...), s'efforce de la trouver dans l'*entendement*. Evidemment, cette manière nouvelle et révolutionnaire d'appréhender l'Univers ne s'est pas cantonnée au domaine scientifique, elle a bouleversé tous les domaines de la vie publique, des arts aux religions, du droit à la politique. Elle n'est pas non plus le fait d'un seul homme ni même d'une seule génération. Elle représente plutôt un lent développement s'étendant sur deux ou trois siècles et ce n'est qu'à l'issue de cette période que des penseurs ont pu généraliser toutes ces idées et unifier toutes ces images¹⁴.

3.2. Descartes (1596-1650)

La recherche de Descartes s'articule autour de deux propositions :

1. Cogito, ergo sum
2. La matière s'identifie à l'espace.

Descartes tire la première de ces propositions du «droit de douter», d'abord du point de vue de la perception sensible, puis en l'étendant à la

¹⁴ « L'influence de Descartes, de son époque jusqu'à nos jours, est si vaste que l'on ne saurait l'imaginer. Il est tel un héros qui a pris le problème à son origine, et le premier qui, depuis un millénaire, a constitué une nouvelle base de la philosophie » [12]

réflexion mathématique, c'est à dire au doute hyperbolique. *Cogito, ergo sum* témoigne du droit potentiel de chaque individu de douter de tout, et Descartes en déduit la nécessité d'une existence individuelle et subjective. On peut, succinctement, exprimer cette analyse du doute [13] sous la forme suivante: j'ai le droit de douter de tout, depuis la représentation sensible du monde qui m'entoure, jusqu'aux lois mathématiques, mais si je doute, je dois exister, car seul celui qui existe peut douter. C'est dire que l'existence précède nécessairement et logiquement le droit de douter. « *Je suis, j'existe, c'est nécessaire et vrai chaque fois que je le dis ou quand je le comprends par l'esprit* » [14]. La proposition contraire n'est pas possible, car je ne saurais comprendre ma propre non-existence ici et maintenant, puisque « comprendre » signifie exister.

« *Si nous rejetons ou proclamons comme faux tout ce de quoi nous pouvons douter, il est facile pour nous de supposer que n'existent ni dieux, ni ciel, ni n'importe quel corps, mais nous ne pouvons pas supposer que nous n'existons pas, nous qui imaginons. Il est contradictoire de penser que celui qui pense n'existe pas. De là, cette notion : « Je pense, donc, je suis » existe avant tout autre, et elle existe assurément pour tout un chacun qui philosophe de la bonne façon.* » [14]

Le doute étant, naturellement, un processus de la pensée, Descartes, plutôt que de constater *Dubito, ergo sum*, pose *Cogito, ergo sum*. Pourtant, même si la faculté qu'a tout individu de douter de tout sous-entend le doute général, Descartes ne tente pas d'étendre cette conclusion à toute existence pensante ou non-pensante : il se limite au sujet particulier, à l'individu. Si l'on est en droit de douter de tout, on ne saurait douter du doute, car cela constituerait une contradiction directe, et donc, le doute *est* aussi. C'est à dire que, de la certitude *cogito, ergo sum*, admise pour toute existence individuelle, suit nécessairement et logiquement l'existence du doute lui-même. En outre le doute étant la Pensée, - une pensée négative -, il s'en suit, comme chez les Eléates, que la Pensée ne peut ni apparaître ni disparaître, mais qu'elle est, simplement. On en conclut une liaison directe entre la Pensée et l'Être, conclusion parfaitement conforme à la position de Parménide. Il y a pourtant, entre la thèse de Parménide et celle de Descartes, une différence importante, car pour Descartes, le *doute* n'est pas seulement une négation absolue, il représente aussi un « rapport », notion qui n'apparaît pas chez les Eléates. Ici se pose une question, que Descartes ne s'est d'ailleurs pas posée: Si l'existence individuelle est en droit de douter de tout, est-elle en droit de douter de *rien* ? . Mais, douter de *rien* signifie ne pas douter, comme penser à *rien* signifie ne pas penser (cf. l'Ecole d'Elée). Donc, outre le *douteur* (A) (l'individu de Descartes, celui qui est) et le doute lui-même, qui est autre

chose que le douteur, doit exister une troisième « chose », B, C, D... qui est l'objet du doute (figure 1).

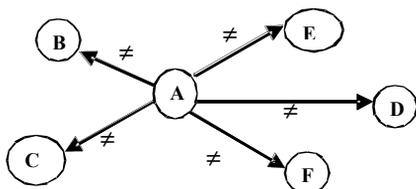


Figure 1

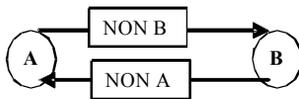


Figure 2

Ainsi l'existence doit-elle avoir une structure de triplet : « quelque chose » (A), « autre chose » (B) et, entre elles, le « rapport négatif » (A est différent de B). Mais, à cause d'une équivalence générale des choses, B a les mêmes droits de douter que A, c'est à dire que, outre « *A est différent de B* », la négation « *B est différent de A* » doit être tout aussi valable (figure 2). Mais, comme NON-A et NON-B ne sont pas identiques, le rapport négatif est lui-même un doublet, si bien que toute existence doit posséder une structure non plus triple mais quadruple, ce qui nous ramène à la démarche pythagoricienne. Une chose ne peut exister seule, en soi et pour soi, elle doit se mettre en relation (négative) avec autre chose et c'est à ce prix qu'elle existe. Une « existence » qui n'appréhende ni ne détecte n'existe pas, elle n'existe que par interaction avec une autre existence. Comme les différences *A différent de B* et *A différent de C* ne sont pas les mêmes, l'existence A peut conférer des attributs à B et d'autres à C. Si bien que B et C peuvent faire une description différente de A : A n'est pas propriétaire de ses attributs, ceux-ci proviennent d'une interaction et dépendent du type de cette interaction¹⁵. Pour Descartes, les qualités qu'il dénomme secondaires, comme la couleur, le son, le goût, l'arôme, ne se trouvent pas dans les choses extérieures à nous « *mais, elles ont pour origine diverses dispositions de ces choses les unes par rapport aux autres qui ont le pouvoir d'exciter nos nerfs de différentes façons... Ces qualités ne sont finalement, si nous comprenons bien, rien d'autre que certaines dispositions des choses, faites de leur taille, de leur forme et de*

¹⁵ Attitude bien différente de celle des Grecs, telle qu'elle s'exprimait dans la seconde formule de Thalès : « *Toutes les choses sont remplies de dieux.* »

leur mouvement » [15]. Donc, les qualités secondaires de A se trouvent en B comme des objets d'évidence sensible, et elles n'appartiennent pas à A.

Si toutes les qualités proviennent d'interactions, c'est-à-dire du dehors, alors l'existence, en soi et pour soi, est-elle déterminée ou non ? D'après Descartes, on ne peut comprendre, par exemple, la forme ou le mouvement sans l'étendue, mais on peut comprendre l'étendue sans la forme ou le mouvement. Donc la détermination essentielle et inhérente à l'existence matérielle est l'étendue: « *L'étendue, longueur, largeur et profondeur, fait la nature de la substance corporelle... Sous le terme d'étendue, nous comprenons tout ce qui a longueur, largeur et profondeur, sans nous préoccuper de savoir s'il s'agit d'un véritable corps ou seulement d'espace.* » [15]. Nous avons là une notion géométrique de la substance matérielle, notion indépendante du mouvement. Pour Descartes, la matière est absolument identique à l'espace. La matière et l'espace sont étendus, et comme les points de l'espace s'excluent mutuellement, il s'en suit logiquement que la matière est impénétrable. La matière est infiniment divisible, de même que l'espace, même si certains agrégats de matière ou d'espace - que Descartes appelle "corpuscules" ou "tourbillons" - ne se scindent jamais. L'espace pur ne peut interagir seul avec lui-même, non plus que la matière ne peut interagir avec elle-même. Certes la géométrie pure a ses règles pour ce qui est de la production des formes, mais elle ne peut pas produire de forces. Tous les effets dans la nature, toutes les activités, se réduisent aux mouvements purs qui se transmettent d'un objet à un autre par le contact direct ou par collision. Comme l'espace et la matière sont identiques, la quantité de mouvement peut être formulée comme le produit du volume par la vitesse (c'est-à-dire, pour les corps homogènes, le produit de la masse par la vitesse). La quantité de mouvement totale est supposée constante dans l'univers. Rejetant la « cause finale » d'Aristote, Descartes pose trois lois fondamentales :

1. La loi d'inertie de l'objet : un objet ne peut changer seul son état de repos ou de mouvement, le changement de son état vient de l'extérieur.
- 2 La loi d'inertie du mouvement : tout mouvement sur lequel on n'intervient pas reste rectiligne uniforme.
- 3 La loi de conservation de la quantité de mouvement.

C'est ainsi que, se basant hardiment sur une cosmologie toute nouvelle, Descartes ouvre à la nouveauté le monde de la Renaissance: connaissant l'essence vraie de la matière (l'étendue), il en déduit logiquement tous ses autres attributs. La raison ne part pas des phénomènes pour accéder ensuite à la connaissance. La démarche est inverse : on reconnaît d'abord la véritable essence de la matière (l'étendue, l'inertie, l'impénétrabilité), de laquelle on déduit les phénomènes. Descartes construit un monde de formes géomé-

triques et de mouvements et, dans *Principia Philosophiae* (Amsterdam 1664, III, 4), il conclut : » *il n'existe dans la nature aucun phénomène qui ne se trouve dans cet exposé* ». Comme la matière est identique à l'espace, alors l'espace en tant qu'entité distincte de la matière, n'a pas d'existence. La matière ne se trouve pas *dans* l'espace mais en elle-même. L'espace vide, autrement dit le « vide » comme on l'entend habituellement, doit nécessairement et logiquement être rejeté. Comme la matière est la continuité absolue, comme chez les Eléates, elle ne peut être plus présente en un endroit qu'en un autre. Elle ne peut être, par exemple, plus dense à un endroit qu'à un autre parce que cela signifierait que, comme la grenouille de la fable, elle se dilate en dehors d'elle-même, là où elle n'existe pas.

La reconnaissance du mouvement, posée au départ en même temps que celle de la matière (2^e loi), permet d'esquiver non seulement les apories de Zénon mais aussi la *causa finalis* d'Aristote. Toutefois le changement lui-même, c'est-à-dire le changement de la vitesse, autrement dit l'accélération, recèle en lui même une contradiction. En effet le modèle exige que, dans la continuité universelle, le mouvement passe d'un point à un autre : un point devrait transmettre sa quantité de mouvement à un point voisin. Autrement dit, l'intensité de sa propre qualité (sa vitesse) diminue, pendant que celle du point voisin s'accroît (accélération), la quantité totale de mouvement devant rester constante. Mais, si le changement passe d'un point à un autre (d'une particule à une autre), au moins une des lois principales de Descartes doit être rejetée. Pour en comprendre la raison, prenons un exemple simple: deux boules identiques se déplacent avec les vitesses 12 et 6 (l'unité est ici arbitraire) (fig. 3a). Après collision, les deux boules, en raison de la conservation de la quantité de mouvement, ont la même vitesse 9 (fig.3b). Comment expliquer cela? On peut imaginer qu'en un intervalle de temps infiniment petit les vitesses des boules changent de 12 à 9 et de 6 à 9. Cela signifierait que le changement est discontinu. Mais cela n'est pas possible si les boules ont une inertie, ce qui est la caractéristique principale de la matière. Avec l'inertie, le changement doit être continu. Il peut se produire rapidement, mais en aucune manière par sauts : soit il y a des sauts dans la nature, et en ce cas *la loi d'inertie* n'est pas valable, soit la loi d'inertie est valable et alors les sauts ne sont pas permis. Mais si le changement n'est pas discret, un autre problème apparaît. Pendant la collision, au cours d'un intervalle court mais fini, la boule dont la vitesse est 12 parcourt une distance plus grande que la boule dont la vitesse est 6. De ce fait, la première boule pénétrerait la deuxième (fig.3c), ce qui n'est pas possible à cause de *l'impénétrabilité* de la matière.

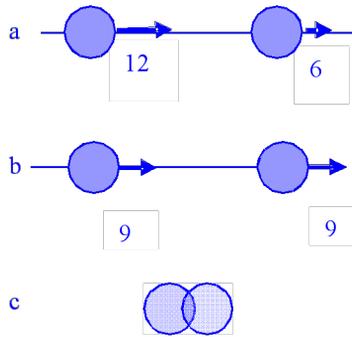


Figure 3

On voit que les problèmes logiques liés au changement principal proviennent des attributs de la matière, inertie et impénétrabilité. Le problème survient parce que *le changement du mouvement se trouve mis en relation avec le changement de l'état du corps*. C'est-à-dire que l'on considère que le mouvement appartient au corps, qu'il n'y a pas de mouvement comme tel sans corps, même si le corps peut exister sans mouvement et même si le corps et le mouvement sont considérés comme des entités indépendantes. Dans son essence le mouvement n'en est pas moins compris comme *l'état du corps*. Ainsi ce modèle de la *continuité du monde*, même si l'on y reconnaît le mouvement comme prédéterminé, tombe-t-il dans la contradiction justement quand il s'agit de ce qu'il devrait expliquer. Au fond, la situation est semblable à celle rencontrée par les Eléates, et il est évident qu'on va résoudre la contradiction de la même manière qu'eux, en introduisant *l'individualisation de l'existence, l'atomisation*. Etant donné que la continuité absolue est divisible à l'infini, potentiellement et réellement, on pourrait par division arriver à l'existence zéro, autrement dit à la non-existence (non- inertie, non-être). Cela n'est pas davantage permis dans la Grèce des Eléates que dans l'Europe de la Renaissance. Par ailleurs, en partant d'une intensité déterminée d'une qualité, on devrait, par division, arriver à l'intensité zéro, c'est à dire à la non-qualité (non- vitesse), ce qui n'est pas non plus permis. Ainsi, dans cette division, ne peut-on pas aller jusqu'à l'infini : il faut s'arrêter quelque part, à une certaine quantité d'existence, ou sur une certaine quantité de l'intensité de la qualité, qui ne peut plus être divisée. Il faut arriver à quelque chose qui soit

indivisible (το ατομον, l'atome), c'est-à-dire *discret*. A première vue, cette solution paraît facile, mais en réalité se décider pour l'individualisation n'est ni facile ni simple, parce que toute individualisation exige l'introduction de la notion de limite, c'est-à-dire la reconnaissance de l'existence de la négation absolue de ce qu'on voulait justement maintenir. L'atome est discontinu, discret, donc il a une frontière, une limite, et cette limite est non-lui, sa non-existence. Il faut donc admettre que la non-existence est. L'atome (l'individu) est la continuité absolue en soi, mais aussi la discontinuité absolue sur sa limite. Comme il existe, dans la pensée occidentale, deux principes d'inertie, l'individualisation ne peut s'opérer de la même manière que chez les atomistes grecs. Une individualisation cohérente eût été d'atomiser tout à la fois la matière et le mouvement, c'est-à-dire de reconnaître la « non- matière » et le « non- mouvement »¹⁶. Mais dans cette première phase de réflexion, le mouvement, même s'il relève d'un principe à part, n'est pas encore séparé de la matière : il reste compris comme un état de l'objet. Pour cette raison, il était tout à fait normal que la matière soit la première à être atomisée. La première individualisation sera donc corpusculaire, alors que le changement de l'intensité de la quantité (l'accélération) reste continu. Comme l'existence est la seule qui s'individualise, l'essence ne s'individualisant pas, l'atomisation sera, dans cette phase, un pur effet « spatial » et non temporel : les objets seront discrets, et le changement d'état sera continu. Cette individualisation nécessaire va s'effectuer de deux manières différentes: celle de Newton, et celle de Leibniz.

3.3. L'individualisation selon Newton (1642-1727)

Newton ne fonde pas son modèle sur l'analyse de notions générales, pas plus qu'il ne tente de développer logiquement les postulats (ou prédicats) relatifs à ces notions générales. Il est physicien à la lettre et fait, comme il le dit lui-même, des « conclusions de phénomènes », oubliant qu'il habite le monde de Copernic et que celui-ci a justement rejeté les phénomènes comme mensongers. Pendant toutes ses recherches, il n'a jamais renoncé à son attitude fameuse "*Hypotheses non fingo*" (je n'invente pas d'hypothèses) en déclarant : « *Quand on a dit que toute chose est dotée d'une certaine détermination grâce à laquelle elle peut fonctionner et provoquer des effets visibles, on n'a rien dit. Mais, si l'on trouve, en partant des phénomènes, deux ou trois principes de mouvement, et qu'ensuite on peut démontrer que de ces prin-*

¹⁶ Ce n'est pas l'immobilité, l'immobilité ne concerne que le mouvement relatif

cipes mènent à tous les attributs et à tous les effets des choses corporelles, alors c'est un grand progrès de la philosophie, même si l'on ne connaît pas la cause de ces principes. Pour cela sans hésitation je fais le choix du principe de mouvement, en laissant de côté la recherche de sa cause. » [16]. C'est ainsi que Newton développe son modèle, en se lançant dans une direction opposée à celle qu'avait empruntée Descartes, tout en s'appuyant, et sans la moindre hésitation, sur ses postulats.

Newton individualise la matière en introduisant la *masse* (la mesure de l'inertie) comme catégorie principale des êtres (des objets) et l'*espace* (et non pas la place) comme la négation des êtres. De plus il affirme que le corps ne crée pas sa place sinon il se retrouverait intégré à l'espace (ce qui contredit Descartes pour qui le corps et l'espace sont identiques). Cela rappelle fortement l'atomisation de Leucippe et Démocrite, mais alors que ceux-ci s'arrêtaient à la proposition : *le non-être est*, Newton fait un pas de plus en introduisant ce troisième élément qu'est *la loi d'action* (le $\nu\upsilon\upsilon\sigma$ d'Anaxagore, qui va devenir ici la loi bien connue: $F = ma$). Dans la seconde partie (*Axiomata sive leges motus*) de son œuvre célèbre *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1713), Newton pose trois "*lois principales*":

1. La loi d'inertie
2. La loi de force
3. La loi d'égalité de l'action et de la réaction

La première de ces "lois" est déjà formulée par Descartes, et Newton la reprend telle qu'elle, pendant que la troisième est une reformulation de la loi de Descartes sur la conservation de la quantité de mouvement, qui s'exprime maintenant par la « conservation de la force ». La première et la troisième de ces "lois" sont des postulats plutôt que des lois, postulats qui se présentent en tant que données naturelles prédéterminées. La signification principale de la première loi est que l'existence (la masse) du corps reste conservée, de même que son état, tant qu'il n'y a pas d'action extérieure. L'action elle-même, qui cause le changement de l'état, ne peut d'aucune manière provenir du corps, pas plus que de l'état. La cause du changement doit être extérieure. La signification principale de la troisième loi (postulat d'action et réaction) est la "conservation locale de la force" de laquelle provient la conservation universelle de la "violence", ce qui est complètement analogue à la conservation universelle de la quantité de mouvement. Il n'est que *la loi de force* qui soit proprement une loi, parce qu'elle met en relation la conséquence (le changement de l'état) avec la cause (la force), en donnant une forme logique, celle d'une loi, à cette relation. Dans cette seconde loi, nous voyons l'objet individualisé qui change son état (accélération) d'une manière définie sous l'influence de la force. Mais l'état est une caractéristique ajoutée

au corps, alors que le changement de l'état (l'accélération) ne se produit pas sur le corps (le corps reste ce qu'il est) mais en dehors de lui, dans "l'espace". Le changement est non-corporel. Ainsi avons-nous une loi de force qui engendre des vitesses (des formes) dans l'espace vide. Contrairement aux lois géométriques, qui produisent des formes statiques dans le vide, ici s'introduit la notion de *succession*. L'intensité de l'attribut de la particule, sa vitesse, change, le corps demeurant inerte. Par conséquent, l'espace ne peut être un simple vide géométrique, il est un vide « successif », question que Newton développe en créant sa géométrie dynamique et en introduisant les fluxions.

Nous reconnaissons ici la triple forme, le triplet d'Anaxagore : (i) Le mouvement linéaire, uniforme, naturel et prédéterminé, qui reste toujours identique à lui-même. (ii) Puis vient la "force", l'activité pure qui d'une manière canonisée, *i.e.* réglée par la loi, produit (iii) l'accélération. La force est donc la cause, l'âme du changement. Sans la force, les corps resteraient indéfiniment en état de repos ou, tout aussi indéfiniment, en état de mouvement rectiligne uniforme. Le changement est la conséquence de l'action des forces, et si nous voulons le comprendre, il est nécessaire de comprendre les forces et les règles de leur action.¹⁷ Bien sûr, à ce stade, l'essence n'est pas encore complètement détachée de l'objet, ou plus précisément de son application à l'objet. Les conclusions sont tirées des phénomènes, *i.e.* de ce que l'on a retenu de l'observation. C'est pourquoi l'on parle constamment de l'état¹⁸ de l'objet, du changement de la vitesse de l'objet, de la chute de l'objet, etc.

Le concept de force est ainsi introduit, avec le canon de son comportement fondé sur le postulat de l'inertie du mouvement rectiligne uniforme. Cependant si la force cause et dirige non seulement les changements terrestres mais aussi les changements célestes, alors sa propre essence doit aussi être expliquée, de même que sa provenance. Les phénomènes par lesquels le Soleil oblige chaque planète séparément à suivre des mouvements accélérés exactement déterminés, ou la Terre qui oblige chaque corps à tomber vers son propre centre avec une accélération tout aussi strictement déterminée, expriment des relations *binaires*, et non pas globales. La force, donc, doit être dirigée vers quelque chose de déterminé. La Terre, par exemple, attire séparément chaque objet. Cette attraction, la force de gravitation, change l'état de

¹⁷ "Au fond toutes les difficultés de la philosophie se trouvent dans la recherche des forces de la nature, en commençant par le phénomène du mouvement qu'elles causent, puis dans la tentative de prouver les autres phénomènes à partir de ces forces." [17]

¹⁸ "La force appliquée est l'action qui s'exerce sur un corps pour changer son état, que ce soit le repos ou le mouvement rectiligne uniforme." [17]

mouvement uniforme de telle manière que l'objet (lui-même constant en soi) accélère vers le centre de la Terre. La force de gravitation étant la seule cause d'accélération, elle ne peut produire qu'une seule et même conséquence, donc l'accélération doit être identique pour tous les objets. L'état final (la vitesse) d'un objet dans cette attraction ne dépendra pas de son existence (de sa masse), mais de son état initial, de repos ou de mouvement, et de la nature de son mouvement. Si l'on ajoute à cela la proportionnalité à l'inverse du carré de la distance, il est simple de conclure que la notion de "force de gravitation" est tout à fait générale.¹⁹

En analysant ces phénomènes et supposant qu'ils ont tous une même cause principale, Newton établit sa fameuse loi de la gravitation, dans laquelle il postule l'existence d'une force attractive. L'individualisation de Newton est donc fondée sur trois entités :

1. *La masse* (ou mesure de l'inertie) qui représente la matière, c'est-à-dire la passivité absolue, quelque chose qui est indifférent, qui ne peut pas se changer elle-même, mais qui se trouve dans un certain état qui lui peut changer.
2. *L'espace*, la négation absolue des corps, c'est-à-dire de la matière, quelque chose qui n'est ni forme ni inertie, ni détermination, mais qui possède une structure dynamique (cf. le calcul des fluxions).
3. *La force*, la cause de tous les changements possible, l'activité absolue à partir de laquelle on peut connaître l'effet, sans pour autant en connaître la nature.

L'espace (la non- matière, le non-être) est reconnu comme un *continuum* existant en soi et pour soi, dont le rôle est analogue à celui qu'il joue chez Leucippe et Démocrite. Dans cet espace, les corps se meuvent éternellement. Mais contrairement au modèle de Leucippe et Démocrite, dans lequel il eût été absurde d'analyser les collisions entre formes, ici, dans le modèle de Newton, où la substance inerte est séparée de son essence variable (la vitesse), les collisions sont nécessaires. C'est alors que survient un nouveau problème, qui va se trouver résolu du fait de l'existence de la gravitation. L'espace comme « négation des corps » doit être continu et illimité, ce qui

¹⁹ "Dans le troisième livre j'expose un exemple de cette théorie, en expliquant le système du monde. Dans ce livre je pars des phénomènes célestes et, à l'aide de propositions, je déduis les forces de gravitation qui font que les corps tendent vers le Soleil et vers chaque planète. Ensuite, à partir de ces forces et à l'aide de propositions mathématiques, je déduis les mouvements des planètes, des comètes, de la Lune et des mers ». [17]

donne la possibilité d'éloigner des corps les uns des autres à des distances si grandes que toute collision, de même que tout changement, devient impossible. Alors, ou le Créateur sera obligé d'ajouter une nouvelle matière au cosmos, ou il faudra limiter l'espace, ce qui est impossible puisque l'espace est un continuum. C'est pourquoi, pour sauver le monde, il faut introduire quelque chose qui empêche l'éloignement absolu des corps inertes, quelque chose qui peut les tenir ensemble malgré les conflits locaux, quelque chose qui ne dépende pas de ces conflits. C'est là, bien évidemment, une innovation importante. Maintenant, la force est installée dans l'existence (la masse) de l'objet, ce qui signifie que l'existence est, en soi et pour soi, active. Cela dit, elle n'agit pas sur elle-même mais uniquement sur une autre existence, et cela de manière à ne pas modifier l'existence en elle-même mais uniquement son essence (l'état de cette existence), c'est-à-dire sa vitesse. Il est clair que Newton n'a atomisé que l'existence tandis que l'espace demeure un continuum. Dans l'espace se trouve tout qui est négatif, pas seulement les frontières entre les corps mais aussi le mouvement. Naturellement, la force elle aussi est un continuum, comme l'espace au travers lequel elle agit. Même si elle est appliquée aux corps individuels, son activité est ininterrompue, instantanée et éternelle : elle est hors du temps.

3.4. *L'individualisation selon Leibniz (1646-1716)*

La préoccupation essentielle de Leibniz est de résoudre le problème des rapports entre Matière et Esprit. Il introduit pour cela un concept représentatif de cette union, la *monade*, idée centrale de sa philosophie. En un sens, la monade est l'atome, le dernier élément de la matière, dans un autre, elle est la substance indivisible de l'âme, le dernier élément de l'esprit. Leibniz analyse d'abord la matière, et démontre que son élément ultime doit être *l'activité propre*. Il analyse ensuite l'esprit, et montre que sa partie consciente a pour base l'inconscient. Enfin, il identifie le dernier élément dynamique de la matière au dernier élément de l'esprit. Ainsi évite-t-il en même temps le dualisme Pensée- matière de Descartes et la nécessité d'une seule substance absolue formulée par Spinoza. On sent bien déjà que ce modèle d'individualisation, d'atomisation, est considérablement plus complexe que celui de Newton.

A une époque où Newton continue de développer son modèle d'un monde « global », celui de Galilée et Descartes, Leibniz quant à lui commence à examiner le monde « local » comme autre solution possible. D'après Descartes l'essence de la matière est composée d'étendue, d'impénétrabilité et d'inertie. Leibniz va d'abord montrer qu'on ne peut expliquer ni l'impénétrabilité ni l'inertie, si l'essence de la matière comprend l'étendue : «

Les attributs de base de la matière, impénétrabilité et inertie, montrent que celle-ci a pour substance la «force vive» qui, seule, rend le point matériel [dont l'étendue est cependant finie, NdT] capable d'interdire à un autre point matériel de prendre sa place et de s'opposer à toute influence extérieure pouvant modifier son état. » [18]. Puis, poursuivant son analyse de l'étendue de la matière, Leibniz constate que la matière ne peut en aucun cas être identique à l'espace, « parce que l'étendue propre est un continuum absolu », que l'on ne peut diviser réellement, c'est-à-dire « qu'il n'est divisible que potentiellement ». Le continuum, en soi et pour soi, est absolument identique à lui-même : c'est l'annulation de toute différence. Dans un tel continuum absolu, aucun mouvement n'est possible, de même qu'il est impossible de distinguer une chose d'une autre. Leibniz en conclut que les attributs de base de la matière, s'ils sont développés à partir du continuum, sont contradictoires avec ce continuum, et que la matière réelle doit être *discontinue*. C'est-à-dire que, comme chez Leucippe, elle doit avoir ses derniers éléments indivisibles. L'essence de ces éléments indivisibles (les monades) ne peut être que l'activité propre, que Leibniz appelle aussi « énergie des forces ».

« La substance est une chose capable d'agir, qu'elle soit simple ou composée, mais la substance composée n'existe pas sans la substance simple. Les monades sont simples [...] L'atome, la monade, doit posséder une nature dynamique, car seule l'énergie de sa force vive est capable de préserver son état propre » [19].

Ainsi la monade est-elle exclusivement constituée de son intérieur et toutes ses manifestations proviennent de son activité intérieure. La monade est une activité propre, elle peut réagir en présence d'une autre monade qui est, elle aussi, une activité propre. S'il y a un changement de l'état d'une monade à cause de l'action d'une autre, tous ses attributs peuvent changer, mais cette seconde monade étant elle-même active, du fait de son nouvel état, elle joue un nouveau rôle, elle change l'interaction : elle change de ce fait l'activité de la première monade et donc elle change l'état de celle-ci. Ainsi l'interaction entre deux (ou plusieurs) monades est-elle locale. La continuité est valable pour l'essence de la substance, mais ne l'est pas pour son existence. Un deuxième principe, qui est en harmonie avec le premier, porte sur l'identité des objets. Leibniz le formule très simplement ainsi : *Il n'y a pas deux choses identiques*. Leibniz justifie ce principe à partir du concept d'identité selon lequel toute chose est égale à elle-même ($A \equiv A$), et si elle n'est égale qu'à elle-même, alors elle est différente de toutes les autres (individualisation). A cause de ce principe, les substances sont individuelles,

l'une devant exclure l'autre²⁰. Pourtant ce principe duquel découle l'individualisation contient en soi la nécessité d'une loi de continuité. En effet si l'individualisation n'était possible qu'à partir de l'identité, en ce cas les substances individuelles seraient séparées les unes des autres sans aucune relation possible entre elles. Mais, puisque les objets individuels sont les produits des différences (des négations) existant entre eux, alors entre ces individus existe (au moins) une relation, mais de façon idéale (la négation absolue – voir la figure 1). Une substance est individuelle du seul fait de sa différence avec les autres. Chaque substance n'existe donc que par ses seules relations, et c'est de la sorte que toutes les monades et leurs relations forment un seul univers.

Comme Newton, Leibniz opère une individualisation de l'existence, mais ni l'un ni l'autre n'introduisent une atomisation de l'essence. La différence entre eux tient plutôt à la compréhension de l'essence du changement. Chez Newton le changement vient de l'extérieur, il est ajouté au corps et il s'exprime comme le changement de la vitesse, alors que chez Leibniz le changement est intérieur, produit par une activité propre et canonisée²¹. *A priori* les substances n'ont que trois façons possibles de communiquer : l'influence, le rapport d'assistance ou le rapport d'harmonie. Du fait qu'on ne peut comprendre de quelle façon un corpuscule non- matériel ou une qualité non- matérielle pourrait passer d'une substance à une autre, la notion d'influence doit être abandonnée. Comme chez les cartésiens, l'assistance (en d'autres termes, le *Deus ex machina*) est superflue, car en ce cas il nous faudrait admettre l'intervention des miracles dans la nature. Si bien que seule reste l'harmonie, l'union qui siège en elle même. Cette harmonie, Leibniz l'appelle *l'harmonie préétablie*. Elle n'est pas la propriété de la monade. Le principe d'harmonie lui est extérieur, il appartient à Dieu, qui est la monade de toutes les monades. Mais le monde doit être unique et, grâce à Dieu qui crée l'harmonie préétablie, l'énergie totale demeure constante. Sur la base de ces conclusions, Leibniz sépare « l'énergie » (mv^2) (qu'il appelle « force vive ») de *la quantité de mouvement*, et il remplace le principe

²⁰ Ces monades doivent avoir en elles, en même temps, certaines qualités, certaines déterminations d'activité intérieure à la base desquelles elles se différencient des autres [...] Il ne peut exister deux choses identiques, car sinon elles ne seront pas deux puisqu'elles se ne différencient pas: il s'agira donc d'une chose unique. [19]

²¹ «La détermination du changement est un principe intérieur qui existe en soi, c'est une pluralité de modifications, la pluralité des rapports avec les êtres qui l'entourent, mais une pluralité qui demeure fermée et simple.» [19]

de conservation de la quantité de mouvement de Descartes par le *principe de conservation de l'énergie* [20]

Le monde « local » est certes plus complexe que le monde « global ». Les différentes monades (atomes, corpuscules) peuvent se trouver dans différents états, et du fait de leur activité, les interactions peuvent être nombreuses. En principe, chaque monade peut réaliser tous les états possibles. Les qualités, les attributs, ne sont plus subjectifs à la façon de Descartes, ce sont *les manifestations de l'état de la monade observée, en interaction avec la monade qui observe*²², parce que les deux monades sont « activités propres ».

« Je crois qu'il n'existe aucune partie de la matière qui ne soit remplie d'un nombre infini de différentes monades [...] Un grain de sable suffit à la compréhension de l'Univers dans son développement complet, si l'on parvient à connaître ce grain de sable dans sa totalité. » [21]

Ainsi Newton et Leibniz trouvent-ils tous les deux une solution au problème de Descartes, à la façon de Leucippe, par l'individualisation du continuum. Newton, en rejetant la continuité, garde les attributs de base de la matière (étendue, impénétrabilité et inertie). Or ces attributs étant issus du continuum, il est obligé d'introduire l'« espace ». Cette solution, comme chez Leucippe, pose le problème de la frontière du corps et du rapport entre corps. Au contraire, l'individualisation chez Leibniz est faite sans l'espace ni le temps.

« L'espace (absolu) est l'idole de quelque Anglais moderne. [...] Seuls des mathématiciens cédant à leurs fantasmagories peuvent concevoir des notions pareilles. L'espace est simplement l'ensemble des relations simultanées entre les états des monades, et le temps est l'ensemble des relations successives entre ces états. » [22]. C'est dire que l'espace et le temps ne sont pas réels, que ce sont des idées, des formes subjectives comme chez Kant, mais la base de ces notions (à savoir les relations existant entre les activités propres) est bel et bien réelle.

Newton et Leibniz sont fondateurs de deux directions de recherche méthodologiquement différentes, que l'on a déjà qualifiées dans ce texte de « globale » et « locale ». Dans le monde global de Newton, la force a été ajoutée au monde de Dieu, et elle reste conservée. On ne peut ni arrêter la force, ni même l'atténuer, car *« elle pénètre jusqu'au centre du soleil et des planètes en conservant son pouvoir. Elle existe toujours entre les objets et elle agit éternellement »* [23]. Il faut remarquer ici un point important : la Terre est

²² Point de vue familier en mécanique quantique.

inerte, comme tout autre objet, c'est-à-dire qu'elle ne peut être la cause de changement, elle n'en est que la source. La cause est la force et la Terre n'est que le moyen de réaliser cette force. C'est la *force*, comme entité distincte des objets, qui est la cause du changement des états. Alors les qualités locales ne jouent aucun rôle. La différence entre objets se réduit à une simple quantité, la quantité de matière, c'est à dire la quantité d'inertie. C'est le monde de l'« action » et non de l'« interaction ». Au contraire, dans le monde local de Leibniz, les monades, qui sont actives par elles mêmes, changent leurs propres états, et chaque passage d'un état à un autre change aussi les déterminations de l'interaction. Ce n'est pas seulement l'état de la monade qui change, la forme de son activité change aussi. C'est le monde de l'interaction et non plus des actions. .

3.5. *A propos de la lumière*

La lumière est un phénomène qui présente, dans ce contexte, un grand intérêt dans la mesure où il se situe juste là où il faut, entre ces deux modèles théoriques²³. Dans le modèle « global », qui ramène l'univers à un ensemble de centres de masse et tous les objets à des « quantités de matière », on peut tout expliquer et tout calculer (la position des planètes, du soleil, de la lune, des pommes, le flux et le reflux...). Mais il nous faut admettre qu'aucune vérification (les positions des planètes par exemple) ne peut se faire sans la lumière. C'est grâce à lumière que nous avons des informations sur les positions des astres. Ces positions sont successives, les informations sont successives, et la lumière se propage. Dans cette théorie (celle de l'action à distance), l'existence de l'espace (absolu) et celle de la distance dans l'espace sont obligatoires. Mais la lumière se trouve partout, en chaque point et à chaque moment. Maintenant, ou bien la lumière et l'espace sont identiques, mais ce n'est pas possible puisque que la lumière a des qualités et l'espace ne peut en avoir aucune, ou l'espace est un *milieu* qui possède les caractéristiques suffisantes (une élasticité par exemple) pour transporter les mouvements ondulatoires. Newton a été obligé, pour interpréter la lumière, d'introduire des corpuscules spéciaux. La nature des ces « corpuscules de lumière » est différente de celle des corpuscules de matière. Ils sont beaucoup plus petits, leurs mouvements sont toujours linéaires, ils ont la particularité de changer de direction en passant entre deux substances de densité différente

²³ A l'égard de ces deux modèles, la lumière apparaît davantage comme une provocation de la nature qu'un phénomène ordinaire.

et, dans certains cas, ces corpuscules se décomposent en sept couleurs²⁴. Les corpuscules de lumière sont absolument froids et, grâce à leur particularité de se décomposer, ils produisent la vision.

Huygens (1629-1695), contemporain de Newton, a proposé la *théorie ondulatoire* de la lumière. Le modèle ondulatoire place la lumière dans le monde « local » de Leibniz, en rendant aux monades la possibilité d'interagir (d'échanger « des informations »). En plus, comme il n'y a pas d'espace, les différences entre monades se situent dans un monde « informatique », un monde d'influences. L'espace n'existe ni « entre » les monades ni « dans » les monades. La différence entre monades vient de leurs différents états, et ce sont ces différents états qui font l'interaction.²⁵ Les états changent successivement, et « l'espace » ne représente rien d'autre que la *simultanéité dans la succession*. La monade ne peut pas, par elle-même, changer l'état d'une autre. Comme le dit Leibniz, *les monades n'ont pas de fenêtres*, elles ne se voient pas. C'est « l'information » qui joue le rôle de potentiel, et si l'autre monade est prête à changer son état, elle le fait toute seule. Pourtant de là on peut exprimer très simplement l'énergie comme étant une propriété de la matière et, à cause de l'universalité du monde, en tirer la loi de conservation de l'énergie.

On a donc pour finir deux modèles : dans l'un, celui de « l'action à distance », la matière n'a aucune particularité, excepté son inertie, la différence entre les objets est quantité d'inertie ; ensuite vient l'espace qui n'a non plus aucune qualité, pas même l'inertie et enfin « l'esprit du monde », les lois de Newton. Bien sûr, on a aussi un miracle : l'action à distance entre objets inertes. Dans l'autre modèle, celui de « l'interaction », on retrouve toute la richesse du monde, avec toutes les particularités, les dynamiques internes des individus, l'univers des différences. Le premier, céleste, très attractif, mais quelque peu fastidieux et relativement « pauvre en esprit », le second dont l'essence tient aux particularités, très complexe, mais pittoresque et vivant parce que rempli de sources de « forces vives ». Ces deux directions de la recherche, « locale » et « globale » vont naturellement s'influencer l'une l'autre car, en fin de compte, on s'occupe du même monde.

²⁴ Hegel note que Newton avait dit que « la lumière blanche se compose de sept espèces d'obscurité. » [24]

²⁵ On ne peut pas dire que l'eau se propage dans l'onde, alors que l'information d'état (l'amplitude, la phase) se propage. Si l'on veut être rigoureux, il faut donc dire : « l'état se propage »

De son côté, l'approche « globale » a donné la forme générale de la loi d'action des forces ($F=ma$), loi que l'on peut utiliser localement, (force de gravitation, force électrique, force magnétisme), alors que l'approche « locale » a résolu le problème de la transmission de l'action et celui de « l'interaction ». Dans le monde « global » l'action est instantanée, il serait mieux de dire « hors du temps » : les états des planètes sont successifs, mais l'action elle-même n'est pas successive. Dans le monde « local » l'interaction est successive, puisque les états des monades ne peuvent changer que continûment et tout changement infinitésimal produit aussi un changement infinitésimal de l'interaction elle-même. Dans le monde du « ciel », sans interaction, les objets perdent leurs caractéristiques individuelles. Le ciel est rempli de centres de masse. La différence n'est pas qualitative, elle est simplement quantitative et une différence quantitative n'est pas une vraie différence. Alors le rapport entre les points matériels (entre les centres de masse) devra être simple. Le ciel est simple mais, à cause de sa grandeur, il nous attire, et l'on a l'impression que si l'on trouve « la loi du ciel » on a accompli quelque chose de très important. Mais la vraie réalité est aussi sur « la terre », avec de vrais objets qui sont différents qualitativement et où la différence (l'interaction) provient des caractéristiques individuelles. De cette façon, on peut rendre objective la relativité cartésienne des sensations subjectives, puis les ordonner selon des lois, autrement dit les unifier.

Si l'on veut unifier les deux modèles, la première idée est d'introduire la *distance dans l'interaction*. Si on pose en effet que l'interaction est une force « locale », c'est-à-dire une force qui opère à distance tout en gardant ses attributs locaux, on parvient à la notion d'influence à distance. « *Tout ce que je vois dans la nature, ce sont des forces et les lignes de forces par lesquelles elles s'écoulent* » [25]. On n'a plus simplement la force et le corps inerte, on a différentes forces qui, selon leur source, produisent des effets différents, mais à distance. C'est-à-dire que, tout en ayant l'espace, on exige l'action ainsi que des propriétés spécifiques de « l'interaction ». La solution est simple : il faut ajouter, à l'espace sans qualité, des qualités locales et l'on obtient ainsi « le champ ». De 1825 à 1852, Faraday a cherché comment résoudre les problèmes posés par les conducteurs électriques au moyen de l'action à distance, en utilisant l'hypothèse atomique. En introduisant la notion de *champ de force*, il réintroduit la « physique du continuum » dans le monde local mais on peut sentir, dans sa formulation, toute la tension entre deux mondes :

« *On a l'impression que le champ des forces conduit nécessairement à la conclusion que la matière remplit tout l'espace, ou du moins toute la partie de l'espace à travers laquelle agit la gravitation. [...], car c'est la force qui*

fait la matière. De ce point de vue, la matière est non seulement « pénétrable », mais on peut aussi conclure que chaque atome s'étend dans tout le système solaire en gardant son propre centre de force. » [25]

Le modèle de « l'interaction locale » se justifie, parce que, d'un côté, la cause du champ est l'état de l'objet (la monade) et, de l'autre, le champ n'agit pas sur tous les objets, il agit seulement sur l' (les) objet(s) qui se trouve déjà dans un état pouvant être affecté (par exemple le champ électrique produit par une monade chargée agit seulement sur les monades chargées). L'actualisation de l'effet est possible (potentielle) mais elle n'est pas obligatoire. Avec la potentialité, la possibilité d'action instantanée est assurée, comme dans l'action à distance. Mais le changement d'état ne peut pas être instantané, il est toujours successif, donc « l'information » qui transporte la description de l'état devra être elle aussi successive: *Il faut adjoindre la dynamique au champ*. Le modèle le plus simple est celui de l'onde, parce que, par essence, elle est le transport de l'état (de l'information) sans déplacement du corps (qui est la source de l'information). Par conséquent, le champ qui a déjà des propriétés locales liées à la source, devra posséder en propre sa qualité d'onde. Mais s'il a ses propres qualités, il est différent de la source (ou du récepteur), il est « quelque chose » et non « rien » : le champ sera aussi un objet, un objet spécial cependant, indifférent à l'égard de l'information qu'il transporte quelle qu'elle soit. Autrement dit le champ doit être passif par rapport au travail qu'il effectue.

« Auparavant j'ai tenté, pour expliquer les phénomènes électromagnétiques, d'introduire un type spécial de mouvement et un type spécial de tension. Désormais je ne me sers plus de ces hypothèses. Si j'utilise des mots comme « moment électrique » ou « électricité élastique » à propos de phénomènes connus, [...] je veux seulement rappeler au lecteur des phénomènes mécaniques qui peuvent l'aider à mieux comprendre les phénomènes électriques. Je n'utilise ces expressions que de façon illustrative [...] Ce n'est que lorsque je parle de l'énergie du champ que je veux que l'on comprenne cela littéralement. » [26]

En 1892-1895, en analysant les propriétés optiques des corps à l'aide des équations de Maxwell, Lorentz a formulé la théorie du champ électromagnétique en tant que théorie dynamique d'une substance spéciale appelé *éther*. La propriété de cette substance est de transmettre les perturbations produites par le mouvement des particules chargées. Ces perturbations ont la vitesse de la lumière. Aux équations de Maxwell, qui donnent la garantie de l'indépendance du champ électromagnétique, Lorentz ajoute une équation qui décrit le mouvement des particules chargées dans un champ. On se retrouve alors avec le même problème que celui de l'inertie d'un corps, pro-

blème connu depuis l'école d'Elée : « *l'être* (le continuum, l'espace) *et le mouvement* (le changement) *ne vont pas ensemble* » car le champ est inerte par rapport à son propre mouvement. Bien sûr, on peut ajouter, comme d'habitude le miracle : *l'éther*, qui maintenant va apporter la contradiction. Mais parce que les miracles ne sont pas permis, (excepté, peut être, celui du premier *Big Bang*), il nous faut chercher la solution ailleurs. La solution chez les Eléates a été l'atomisation de l'être (Leucippe et Démocrite) et le monde est devenu relatif. Le même problème s'est présenté chez Descartes : le changement (nécessairement particulier) et l'espace (continuum, matière) ne vont pas ensemble. La solution a été l'atomisation du changement (la monade de Leibniz). Et l'on voit se reproduire cela une fois encore avec le champ et « l'information d'état » qui est particulière (les états sont différents, « les informations » le sont aussi). Alors que faire ? Il faut atomiser le champ. Et voilà, le photon est né ! Naturellement, ici encore, comme dans toute atomisation, les mêmes formes interviennent : d'une part l'atome qui garde les propriétés d'être et qui possède l'activité, et d'autre part *la passivité sans qualité*, l'espace. Le photon est justement ainsi : son essence est le champ électromagnétique et sa propriété inhérente est le mouvement sans interruption puisqu'il n'existe pas de référentiel où le photon soit immobile.

« *La mécanique ondulatoire représente un pas opposé à la mécanique classique, c'est-à-dire dans le sens du continuum. Elle décrit un événement continu qui a la forme d'un champ dans l'espace de configuration [...] Dans cette théorie, les éléments ayant des caractéristiques corpusculaires ont disparu, et les corpuscules ne sont rien d'autre qu'une mousse sur les ondes de radiation qui représentent le mouvement du substrat fondamental de l'univers.* » [27]

4 Conclusion

Comme on a vu, dans sa démarche, la Pensée est emmenée alternativement, par sa logique propre et les contradictions qu'elle doit résoudre, d'une vision continue du monde à une vision discrète des objets qu'il contient et de leurs relations. Cela est vrai de toutes les époques et tient à la structure même de notre esprit plutôt qu'aux progrès qu'il a pu réaliser à tel ou tel moment. C'est en cette structure générale que consiste ce que nous appelons la *morphologie* de la physique. Le terme de Morphologie de la Physique figurant dans le titre même signifie que notre analyse porte sur les formes logiques suivies par la pensée dans son progrès, ainsi que sur les directions potentielles des développements à venir. Il faut entendre ici le mot *forme* au sens d'Aristote, comme un principe actif se réalisant sur son propre contenu. Cette analyse, appliquée aux cosmologies Grecque et Occidentale, montre claire-

ment la contradiction au sein même du processus de recherche elle-même. Il est clair aussi que cette contradiction constitue un moteur, une force de progrès de la recherche, à qui elle interdit de ne jamais s'arrêter ou de renoncer. En même temps cette contradiction est le but principal de la recherche elle-même, car tout modèle tâche de découvrir le principe général (la loi de base) selon laquelle se comporte la multitude des choses.

« Tant que les sciences physiques existeront, le but le plus important auquel elles doivent prétendre est la solution du problème de l'union de toutes les apparitions naturelles, observées ou non encore observées, en un seul principe simple rendant possible le calcul de toutes les apparences que l'on connaît et de toutes celles que l'on connaîtra dans l'avenir. » [28]

Si l'on incline à la multitude, on doit permettre le changement d'une chose en une autre, ainsi que la disparition et l'apparition. Mais en ce cas on ne peut éviter le problème de l'élément commun demeurant au sein des choses qui changent, et cela va conduire à la recherche de l'Un. Et d'autre part, si on choisit l'Un comme postulat de base, il faut retrouver la pluralité au sein de l'Un, ou au moins démontrer comment la pluralité peut être en harmonie avec lui. Dans la Grèce antique la détermination fondamentale est la *forme*, et le but est d'arranger logiquement et mathématiquement les rapports entre les formes. Il est évident que la géométrie classique convient parfaitement à ce but, non seulement en tant qu'instrument d'expression de la démarche scientifique, mais aussi comme outil permettant de décrire les rapports entre formes. Dans la cosmologie classique Occidentale, les déterminations fondamentales sont *l'inertie* d'un substrat et *l'effet* qui vient changer son état. Cela requiert le concept de succession et l'invention d'un instrument propre à l'exprimer, la fonction. Tandis que, dans la Grèce antique, on analyse les formes géométriques et leurs rapports en tant que sublimation des objets du monde, dans la pensée Occidentale, on analyse les fonctions et les rapports existant entre elles, en tant que sublimation d'un monde dans lequel les substrats inertes changent leurs états, tout en restant eux-mêmes invariables.

Il nous reste enfin à expliquer pourquoi les cosmologies unificatrices, comme celles de Platon et d'Aristote, ne figurent pas dans ce texte, non plus que la cosmologie d'unification Occidentale fondée sur la mécanique quantique. La raison en est simple : l'espace imparti. Les auteurs sont en effet conscients que ce texte atteint déjà, par son volume, la limite du tolérable. Compte tenu de l'espace supplémentaire que demanderait l'analyse morphologique comparative de ces cosmologies, ils ont préféré remettre cette analyse à plus tard. Il est clair par ailleurs que cette même méthodologie s'applique à bien d'autres domaines ou à d'autres grands thèmes de la physique tels que « les lois de causalité », « les lois de conservation », « le

vide », etc. Cette méthodologie devrait permettre de comparer entre eux différents modèles théoriques développés au sein de différentes cultures, et cela de la façon la plus objective qui soit.

Références

- [1] Aristote : *Métaphysique*. 938b
- [2] Pseudo Plutarque : *Placita Philosophorum*, dans F. Koplston ; *Histoire de la Philosophie*, Tome I
- [3] Aristote : *Métaphysique* 986a
- [4] Simplicius; pris de Hegel, *Histoire de la Philosophie*; Tome I
- [5] Aristote : *Métaphysique* 984a
- [6] Aristote, *Physique*, D4, 209a
- [7] Aristote : *de gener. et corrupt.* I, 8, pris de Hegel, *Histoire de la Philosophie*; Tome I
- [8] Empiricus : *Adv. Math*, pris de Hegel, *Histoire de la Philosophie*; Tome I
- [9] Aristote, *de gener. et corrupt.*, pris de: Hegel, *Histoire de la Philosophie*; Tome I
- [10] Platon, *Timée*
- [11] Aristote : *Métaphysique*, 984b ; 985a
- [12] Hegel: *L'Histoire de la Philosophie*, tome III, section: Descartes
- [13] Cette analyse est présente dans plusieurs œuvres de Descartes, notamment dans les *Meditationes de prima Philosophia* (1641) et *Principia Philosophiae* (1644)
- [14] R. Descartes : *Meditationes de prima Philosophia* ; Méditation seconde ; Flammarion, Paris, 2000
- [15] R. Descartes : *Principia Philosophia*, pris de: F. Koplston , *Histoire de la Philosophie : de Descartes à Leibniz*
- [16] Newton : *XXXI question d'Optique*, pris de P. Duhem : *La théorie physique, son objet, sa structure*, Librairie philosophique, Paris, 1993
- [17] Newton, *Philosophiae naturalis, Principia mathematica*, (1687)
- [18] Leibniz : *Principes de la Nature et de la Grâce*, pris de Hegel, *Histoire de la Philosophie*, tome III, section: Leibniz
- [19] Leibniz: *Principia philosophiae*: pris de Hegel, *Histoire de la Philosophie*, tome III, section: Leibniz
- [20] Leibniz: *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cortesii*; *Acta Eruditorum*, (1686)
- [21] Leibniz : *Monadologie*, Flammarion, Paris, 1996
- [22] Leibniz, *Lettre à Des Bosses*, pris de F. Koplston, *Histoire de la Philosophie*, note 48

- [23] Newton: *Philosophiae naturalis principia mathematica* chapitre 3 (1687)
- [24] Hegel G. V. F., *L'Histoire de la Philosophie*; tom III; section: Newton
- [25] Faraday M., *Philosophical Magazine* (1884)
- [26] Maxwell J. C., *Theory of the Electro-magnetic Field* (1884)
- [27] Schrödinger E., *Über das Verhältnis der Heisenberg-Born-Jordanischen Quanten Mechanik zu der Mainen*, *Annalen der Physik*, **79** (1926) 734
- [28] Planck M., *Das Prinzip der Kleinsten Wirkung*, *Die Kultur der Gegenwart*, Leipzig, Abt.3, p. 693 (1914)

Manuscrit reçu le 8 avril 2010.