

Marc Halévy

Un univers complexe

L'autre regard sur le monde

OXUS^{AD}

« On dit avec juste raison que, dans le domaine de la science, les convictions n'ont pas droit de cité: c'est seulement lorsqu'elles se décident à adopter modestement les formes provisoires de l'hypothèse, du point de vue expérimental, de la fiction régulatrice, qu'on peut leur concéder l'accès du domaine de la connaissance et même leur y reconnaître une certaine valeur (...).

- Mais cela ne revient-il pas, au fond, à dire que c'est uniquement lorsque la conviction cesse d'être conviction qu'elle peut acquérir droit de cité dans la science?

La discipline de l'esprit scientifique ne commencerait-elle pas seulement au refus de toute conviction?...

C'est probable; reste à savoir si l'existence d'une conviction n'est pas déjà indispensable pour que cette discipline elle-même puisse commencer. (...)

On voit par là que la science elle-même repose sur une croyance; il n'est pas de science sans postulat. »

Friedrich Nietzsche - *Le Gai Savoir*

*« Everything should be made as simple as possible,
but not simpler. »*

Albert Einstein

Pour contacter et/ou suivre Marc Halévy :

marc@noetique.eu

www.noetique.eu

www.science-de-la-complexite.eu

*Je dédie ce livre à Albert Einstein, mon père spirituel de toujours,
et à Ilya Prigogine, mon guide d'il y a longtemps...*

*Un professeur de physique, au collège, m'avait offert à lire
Comment je vois le monde de papa Albert.
J'y ai trouvé cette phrase qui a décidé
de ma vocation de physicien :*

*« Sa religiosité [celle du savant]
réside dans l'étonnement extatique en face de l'harmonie des lois
de la Nature, dans laquelle se révèle une raison si supérieure que
toutes les pensées ingénieuses des hommes et leur agencement ne
sont, en comparaison, qu'un reflet tout à fait futile. »*

*J'y ai puisé cette conviction
(cf. mon De l'Être au Devenir – tome 7 :*

*« Le réel est consistant, c'est-à-dire qu'il est cohésif dans l'espace
(parce qu'il est un processus autoréférentiel issu d'un germe unique)
et cohérent dans le temps (parce qu'il suit une intention primordiale
unique et invariable).*

*Mais cette consistance n'implique nullement ni logicisme,
ni déterminisme, ni rationalisme.*

*Le Réel s'élabore, en continu, une logique propre et évolutive, un
logos vivant dont rien ne dit qu'il doive être conforme aux critères
humains de rationalité, d'efficacité, d'optimalité, d'économie, etc.
Les « voies du Seigneur » ne sont pas impénétrables, mais elles sont
notoirement étrangères à nos simplismes humanoïdes. »*

*Merci de fond du cœur à Martine et Denis Heftré qui ont été
les seuls à répondre, un jour, à un appel à l'aide.
Ce livre est un peu le leur !*

Table des matières

Prologue

Les impasses et les impossibles de la science classique	13
--	-----------

Première partie

Changer les regards	21
----------------------------------	-----------

1. Pas de briques élémentaires mais des propriétés émergentes	25
2. Pas de forces élémentaires mais des logiques processuelles	45
3. Pas de lois élémentaires mais des synergies d'accomplissement	59
4. Pas de hasard mais une intention.....	72
5. Pas de nécessité mais des contraintes	82

Deuxième partie

Changer les idées	101
--------------------------------	------------

1. L'émergence de l'univers	105
2. Le temps qui passe	121
3. Passer du Deux au Trois.....	149
4. Sculpter son espace de vie	147
5. Forger son modèle de vie	155
6. Vivre son présent de vie	171
7. Vouloir l'harmonie.....	179
8. Chercher l'intimité	194

Troisième partie

Tout voir autrement.....	203
---------------------------------	------------

1. L'univers.....	207
2. La science	221
3. La vie.....	235

4. L'histoire.....	245
5. La société.....	253
6. L'économie	262
7. L'homme	277

Épilogue

Une autre sagesse...	297
-----------------------------------	-----

Annexes	305
----------------------	-----

1. Conséquences philosophiques et spirituelles de la physique complexe	305
2. Principes théoriques de la physique complexe	309
3. Une autre formulation de la physique complexe.....	312

Prologue

LES IMPASSES ET LES IMPOSSIBLES DE LA SCIENCE CLASSIQUE

Pour concilier leurs prédictions théoriques avec les résultats empiriques, les deux grands modèles standard actuels, celui de l'infiniment grand et celui de l'infiniment petit, doivent se livrer à des contorsions conceptuelles abracadabrantes, à des surenchères d'hypothèses fumeuses qui répugneraient à Guillaume d'Occam (1285-1347) et à son principe de parcimonie, c'est-à-dire de simplicité maximale. Ces surenchères donnent, d'un côté, les multivers, la matière sombre, l'énergie noire, etc., et de l'autre, un foisonnement de particules réelles inclassables, si éphémères que rien ni personne ne peut les « voir », et de particules virtuelles, théoriques et fantomatiques, à jamais indécélables. Et partout, la mainmise totalitaire des mathématiques a transformé la science physique en une sous-officine de David Hilbert (1862-1943), de Sophus Lie (1842-1899) ou de Georg Cantor (1845-1918). Les mathématiques qui n'auraient jamais dû cesser de n'être qu'un des langages utiles pour certains aspects des sciences, sont devenues la *condition* même de la science, de toute science, de toute scientificité. La servante a pris la place de la maîtresse ce qui, selon le *Livre des Proverbes*, est une des quatre choses insupportables.



Thomas Samuel Kuhn (1922-1996), par son livre fameux intitulé *Structure des révolutions scientifiques*, indique que tout converge, de nos jours, pour pronostiquer une énorme révolution scientifique. Sans trop se tromper, on peut déjà supputer que la science à venir sera un après-mécanicisme.

Depuis Galileo Galilei (1564-1642), héritier des atomistes grecs présocratiques, Leucippe (460-370 ACN) et Démocrite d'Abdère (460-370 ACN), le monde est vu comme un vaste assemblage de « corps » matériels exerçant, entre eux, des influences qui déterminent leurs évolutions. Isaac Newton (1642-1727), à son corps défendant, expliqua ces influences (la première étant l'attraction gravitationnelle universelle) au moyen de l'idée de « force à distance », idée qu'il donna lui-même comme provisoire, utile mais saugrenue. Plus tard, avec Michael Faraday (1791-1867), surgit le génial concept de « champ de force ». Plus tard encore, avec Albert Einstein (1879-1955), le champ gravitationnel devint l'expression de la métrique non euclidienne de l'espace-temps. Toute la physique mécanicienne est fondée sur ce binaire étrange : force et matière.

Force et matière... Essayons quelques définitions :

Matière : capacité à résister à une force.

Force : capacité à transformer une matière.

Loi : rapport d'influence entre matière et force.

Donc, *force* : capacité à transformer une capacité à se résister à soi-même.

Ou, *matière* : capacité à résister à une capacité à se transformer soi-même.

Et, *loi* : rapport d'influence entre capacité à se transformer et capacité à se résister.

Cette triple définition est circulaire et se condense en une seule...

Le réel est ce qui résiste régulièrement à sa propre transformation.

Jeu d'esprit ? Non, car toute la physique se trouve dans l'effort millénaire pour percer ce « régulièrement », c'est-à-dire pour découvrir quelles sont les « règles » de rapport entre transformation et résistance, entre mouvement et inertie, entre force et matière.

Depuis longtemps, une hypothèse implicite et insidieuse a soutenu cet effort immense : celle de causalité. Aristote (384-322 ACN) avait beaucoup réfléchi sur la notion de causalité et avait cru voir que tout ce qui existe est soumis à quatre formes de cause. Prenons l'exemple classique d'une maison que l'on construit. Aristote décèle, dans cette maison, une cause

matérielle : les matériaux qui seront mis en œuvre ; une cause formelle : le plan de l'architecte ; une cause finale : la maison elle-même qui est la finalité du travail ; et enfin une cause efficiente : le chantier qui fait le pont efficace entre les matériaux et le plan, d'une part, et la maison finie, d'autre part. Qu'une de ces causes vienne à manquer et « adieu veau, vache, cochon, couvée ».

On pourrait encore ajouter une cinquième forme de cause : la cause initiale ou contextuelle ou causale - si l'on ose le pléonasma - qui pointe l'idée simple que, pour que les quatre autres causes se mettent en marche, il faut préalablement un contexte : l'envie ou le besoin de posséder un habitat, de pouvoir s'abriter contre les intempéries, les frimas ou les canicules. Dans *L'éthique à Nicomaque* et dans sa *Physique*, Aristote mettait en avant, surtout, la « cause finale » et construisait sa vision du monde sur la notion d'entéléchie, c'est-à-dire sur l'idée d'accomplissement et de plénitude de soi - que, vingt-trois siècles plus tard, Friedrich Nietzsche (1844-1900) appellera la « volonté de puissance ».

De tout ce « fatras » causal, la physique moderne ne voudra retenir que la causalité simple : la causalité par antériorité (ce que les logiciens appellent la « loi d'implication » : A est cause de B si A implique B). La cause précède l'effet. Ce qui produit l'effet lui est antérieur et extérieur : la force qui résulte de la présence, dans le vide cosmique, d'autres corps actifs, s'exerce sur le corps étudié et y induit une accélération inversement proportionnelle à sa masse, c'est-à-dire, à sa capacité de résister à cette accélération. C'est la célèbre loi de Newton : $\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$ (ou \mathbf{F} est le vecteur « force », \mathbf{a} le vecteur « accélération » et m , le scalaire « masse »).

Galilée, déjà, en fondant la cinématique, avait observé ce principe d'inertie : en l'absence de toute influence externe ($\mathbf{F} = 0$), un corps se meut sempiternellement droit devant lui et à vitesse constante ($\mathbf{a} = 0$) : c'est le mouvement rectiligne uniforme.

Tout le mécanicisme physicien est construit sur cette version-là de la causalité. Rien n'arrive s'il n'y a pas une « raison » pour que cela arrive. Il ne se passe quelque chose que s'il y a une influence externe qui induit ce quelque chose. En son absence, il ne se passe rien. Cela semble du pur bon sens.

David Hume (1711-1776) avait pourtant déjà bien vu que dans une succession de phénomène, rien n'indique qu'il y ait une quelconque connexion ou relation causale entre eux : c'est notre esprit, et lui seul, qui les relie par cette chaîne causale que l'on s'invente.

Emmanuel Kant (1724 - 1804) entérinera cette version : la causalité est une catégorie a priori de notre entendement-comme l'espace, le temps, etc.

La physique moderne, quant à elle, ignore superbement ces questions épistémologiques et entérina la « loi » de la causalité simple : la cause est extérieure et antérieure à ses effets !

Et pourtant...

Pourquoi donc un « corps » ne pourrait-il trouver en lui-même, indépendamment de tout le reste du monde, une « bonne raison » de se transformer ? Pourquoi faudrait-il, nécessairement, recourir à la notion d'influence extérieure et antérieure pour expliquer les évolutions des êtres et des choses ? L'astrophysicien Hubert Reeves (né en 1932) s'est pourtant ingénié à relever quatre expériences physiques qui mettent à mal le principe de causalité mécanique et qui suggèrent une part d'acausalité dans l'univers. Ces quatre expériences connues sont :

- La désintégration atomique qui est un phénomène imprévisible et spontané, sans cause, donc.

- Le paradoxe EPR (du nom de ses trois « inventeurs » : Einstein, Podolsky et Rosen) qui établit le couplage durable des états de deux « corps » sans aucune influence ou relation réciproque.

- La leur fossile venue d'atomes d'il y a quinze milliards d'années qui étaient tous à la même température sans qu'il n'y ait jamais eu entre eux la moindre relation causale.

- Le pendule de Jean-Bernard Foucault (1819-1868) qui garde sa direction initiale vers une galaxie lointaine en ignorant complètement les événements proches (cette expérience curieuse a été le point de départ de l'hypothèse d'Ernst Mach (1838-1916) qui a tant inspiré Albert Einstein et qui dit que ce qui se passe ici et maintenant est la résultante de tout ce qui s'est passé ailleurs depuis toujours).

Pourtant, rien n'y fait. Tout le mécanicisme matérialiste tient bon sur cette pétition de principe, sur cette « croyance », dirait Nietzsche dans *Le Gai Savoir*, que la cause est extérieure et antérieure à son effet. Il va même plus loin et établit des règles de causalité qui tiennent en cinq propositions :

- la cause précède l'effet ;
- la cause est externe ;
- à même cause, même effet ;
- tout effet a une cause ;
- l'effet est proportionnel à sa cause.

Examinons-les un tant soit peu.

La cause précède l'effet ?

Question de point de vue. Newton dirait : la force de gravitation attire l'eau qui coule vers la vallée, donc cet écoulement est l'effet d'une cause antérieure qui est la gravitation terrestre. Joseph-Louis comte de Lagrange (1736-1813) répondrait : l'eau suit, par sa propre nature, le chemin qui lui permet d'optimiser, tout au long, la différence entre son énergie cinétique et l'énergie potentielle gravitationnelle. Il n'y a aucune antécédence, mais une synchronicité, une dialectique de tous les instants.

La cause est externe ?

Pas forcément. Mettons une châtaigne sur du coton mouillé à la lumière, elle germera sans que le déclencheur de cette germination soit extérieur à notre châtaigne. La « cause » de la germination est tout entière à l'intérieur de la graine et nulle part ailleurs.

À même cause, même effet ?

Les cybernéticiens savent, depuis longtemps, que l'extrant (l'effet) ne dépend pas que de l'intrant (la cause), mais qu'il dépend aussi de l'état du système sujet, de ses consignes et procédures de régulation, de sa mémoire accumulée (les effets d'hystérèse, par exemple) et des bruits induits par son contexte (signaux faibles, perturbations, interférences, etc.), toutes choses souvent inobservables et non maîtrisables. L'effet n'étant pas seulement effet de la cause, une même cause pourra très bien - et c'est si souvent le cas - produire des effets radicalement différents.

Tout effet a une cause ?

Rien n'est moins sûr. Certains des exemples physiques d'Hubert Reeves sont très clairs en ce sens : la désintégration des noyaux atomiques est un phénomène spontané, imprévisible, sans cause. Il en va de même de toutes ces « propriétés émergentes » (comme la prise de la mayonnaise, la vie ou la conscience) qui surgissent sans que rien ne puisse les laisser prévoir. Nous en reparlerons longuement dans la suite.

L'effet est proportionnel à sa cause ?

Pour les systèmes mécaniques simplistes, c'est souvent le cas : selon que je frappe fort ou pas sur la première boule d'un billard, elle transmettra beaucoup d'énergie cinétique ou pas à la seconde boule qu'elle va heurter. Mais, dès que l'on a affaire à des systèmes un tant soit peu complexes, loin de l'équilibre, instables, l'effet papillon joue et des causes infimes peuvent avoir des conséquences énormes : le battement d'ailes d'un papillon en Chine provoque des tornades au Mexique, disait le météorologue Edward Lorenz (1917-2008).

Cette dernière discussion permet une critique encore plus profonde du principe de causalité simple qui fonde toute la physique mécaniste. On pourrait inverser cette proposition que « la causalité fonde le physique et dire : la physique classique est le domaine scientifique qui n'étudie QUE les phénomènes où le principe de causalité simple joue un rôle déterminant et qui relègue, hors d'elle, tous les autres phénomènes où une telle causalité ne joue pas ou peu. La physique classique est une science idéalisante, il faut bien le comprendre. Elle se place toujours dans des circonstances « idéales » : sans frottement, sans bruits, sans signaux faibles, etc. sinon, elle n'aboutit à pas grand-chose du fait de la très rapide montée en inextricable complexité des équations à traiter. De façon plus générale, le choix qu'a fait la physique de mathématiser ses théories - afin de rendre les choses calculables et, donc, mesurables et vérifiables -, a imposé une idéalisation physicienne parallèle à l'idéalisation mathématicienne. Dans la Nature, aucune droite, aucun cercle, aucun cylindre, aucun vide parfait n'existent.

Pour s'idéaliser, la physique est contrainte de négliger tous ces petits riens qu'elle ne sait pas modéliser et qui empoisonnent ses équations. Toute idéalisation est une approximation. Tout cela n'a que peu d'importance tant que ces « petits riens » ne font pas les turbulents et n'induisent aucun « effet papillon ». Ce n'est malheureusement que rarement le cas dans le monde réel.

La physique classique, alors, a le choix entre deux options. Soit elle s'accepte comme science des phénomènes simples et idéalisés et reconnaît ne pouvoir modéliser la grande majorité des phénomènes qui, eux, sont complexes et réels. Soit elle s'obstine à nier la complexité et la non-idéalité (la non-linéarité) de l'univers, arguant que l'on peut toujours « réduire » toute situation physique à un assemblage de briques élémentaires qui satisfont le principe d'idéalité.

Poussée dans le dos par les mathématiques - le langage idéalisateur par excellence -, la physique classique a choisi la seconde option. Et cela lui a réussi... pendant cinq siècles.

Aujourd'hui, cette option est usée à la corde.

Aujourd'hui, la complexité, la non-idéalité, la non-linéarité rattrapent les physiciens à tous les coins de théorie. La mutation paradigmatique à réaliser est immense. Il faudra changer les regards, changer les idées, tout voir autrement et inventer une autre sagesse...

C'est tout le plan du livre qui suit ce prologue.

*
**

Première partie

CHANGER LES REGARDS

Depuis deux millénaires et demi, depuis Empédocle d'Agrigente (490-435 ACN), Leucippe ou Démocrite, l'Occident s'est forgé une vision du monde où tout ce qui existe serait, on l'a vu, un assemblage mécanique de briques élémentaires, interagissant entre elles au moyen de forces élémentaires, selon des lois élémentaires.

Les philosophes qualifient une telle vision du monde de réductionniste (un assemblage), analytique (des briques élémentaires), mécaniste (des forces élémentaires) et déterministe (des lois élémentaires). Toute la physique d'aujourd'hui, qu'elle soit classique, relativiste ou quantique, qu'elle relève du modèle standard cosmologique (le big-bang, l'univers en expansion, etc.) ou du modèle standard des particules élémentaires (la supersymétrie, les cordes, etc.) se nourrit totalement de cette vision du monde.

Pourtant, cette vision n'est pas suffisante. Elle engendre des contradictions internes au sein des théories standard, elle rend ces théories incompatibles entre elles et, surtout, elle est incapable de rendre compte des phénomènes complexes comme la vie ou la pensée, comme l'auto-organisation ou le simple fait qu'une mésange issue d'un œuf de couveuse et élevée par l'homme, puisse, une fois relâchée dans la nature, construire, comme si de rien n'était, naturellement, un nid de... mésange.

Il ne s'agit nullement de jeter le bébé avec l'eau du bain et de crier haro sur le baudet de la science classique ; il s'agit plutôt de fonder une autre (méta)physique, plus générale, dont nos physiques actuelles ne seraient que des approximations particulières.

Il s'agit de comprendre qu'au fond du fond, il n'y a rien d'élémentaire (c'est pourquoi nous parlerons ici de « science complexe ») ou, plus exactement, que ce que nous croyions « élémentaire » n'était qu'un effet de myopie ou, ce qui revient au même, de simplification voire de simplisme, un effet d'idéalisation où Platon aurait retrouvé sa patte.



Avant d'aborder une approche critique des fondamentaux des physiques classiques, et comme, ensuite, nous tenterons d'éclairer les fondements d'une autre physique basée sur la notion de complexité - par opposition à la notion des « élémentaires » classiques -, il est bon de proposer une première esquisse de cette notion de complexité.

Nous proposons donc ceci.

On dira qu'un objet, un phénomène, un système ou un processus sont complexes, dès lors qu'ils forment un tout organique, compact, indémontable, dès lors qu'ils ne sont pas réductibles au seul assemblage ou à la seule juxtaposition de leurs constituants, dès lors que l'intensité des interactions entre ces constituants induit l'émergence de propriétés globales inédites et holistiques. On dira, ainsi, que quelque chose est complexe lorsque le tout est plus que la somme de ses parties.

Ainsi, un corps vivant est bien plus que la simple juxtaposition de tous ses organes, produits de sa dissection puisque cette dissection l'a tout simplement... tué.

*

**

PAS DE BRIQUES ÉLÉMENTAIRES MAIS DES PROPRIÉTÉS ÉMERGENTES

Ah, les atomes de Démocrite ou de Lucrèce (98-54 ACN). Ces petites billes éternelles et insécables dont tout est fait. Leurs différences de forme expliqueraient leurs différences de propriétés. Leurs assemblages au moyen d'une « colle » que, plus tard, on appellera « énergie » et plus tard encore « gluons », engendrent tous les corps. Le nombre de leurs combinaisons est quasi infini, ce qui explique l'immense diversité des matériaux qui constituent le monde.

Bien sûr, la physique et la chimie n'en sont plus là, mais l'idée centrale demeure : il y a des briques élémentaires dont tout, absolument tout, est construit. Dimitri Mendeleïev (1834-1907), à la fin du XIX^e siècle, dénombrait une petite centaine d'atomes naturels. Puis, ces atomes furent démontés (ce qui est un comble pour un *atome*, un insécable donc) et l'on découvrit trois particules élémentaires : le proton, le neutron et l'électron. Mais le neutron n'est pas stable... Il devait donc y avoir plus petit que cette bande des trois. On découvrit les quarks. Mais aussi, dans les accélérateurs de plus en plus géants de particules, des collisions énormes entre faisceaux de particules terriblement énergétiques, donnèrent naissance à des dizaines de nouvelles particules, éphémères, instables, étranges.

Bref, depuis plus de cinquante ans, l'investigation de ce domaine dit « des hautes énergies », débouche sur un foisonnement de « particules » plus curieuses les unes que les autres. Pour en comprendre la logique d'ensemble, il a fallu inventer des structures abstraites dites de « symétrie » de plus en plus compliquées. Soit. Mais le problème se corse à chaque fois : les structures de symétrie qui « expliquent » bien les particules observées, prévoient aussi une foule d'autres particules théoriques que l'on n'observe pas,

que l'on ne peut pas observer. On repart alors vers d'autres accélérateurs, plus puissants. Et l'on trouve de nouveaux objets quantiques qui ne « collent » pas avec le modèle. Et nous voilà, encore, repartis pour un tour...

Et s'il n'y avait pas de particules élémentaires ? Et si la matière n'était pas constituée de particules ? Et si ce que nous appelons « matière » n'était, en somme, que la manifestation d'une certaine activité donnant, parfois, des structures stables que nous prenons pour des objets (les particules) mais qui n'en sont pas ?



L'histoire de la notion de « matière » est une véritable saga islandaise. L'idée naît chez les présocratiques surtout milésiens. Le mot-clé d'alors était *ousia*, la « substance ». Dès Thalès de Milet (625-547 ACN), cette substance était imaginée unique, continue, un peu comme l'eau de l'océan dont toutes les choses formées seraient les vagues. Il est, d'ailleurs, intéressant de constater que la même idée d'une substance continue, unique, omniprésente, dont tout émane par formation, surgit en même temps avec le Tao de Lao-Tseu (6^e s. ACN), avec le Brahman des Upanishad, avec la Vacuité bouddhique.

Une substance unique donc. Soit. Mais laquelle ?

Thalès répond : l'Eau. Tout est Eau. Non pas l'eau H₂O du robinet, mais une Eau primordiale, symbole d'absolue fluidité, de totale informalité, de radicale plasticité. Toutes les autres « matières » n'en seraient que des condensats (la glace, la pierre, la terre) ou des vaporisations (la vapeur, la fumée, l'air, le vent, le feu même).

Anaximène (585-525 ACN) reprend son maître Thalès et remplace l'Eau, trop lourde pour être la fine substance imperceptible qu'il imagine ; il dit : l'Air. Air bien sûr aussi symbolique que l'Eau de Thalès.

Déjà, par un saut inouï d'abstraction, Anaximandre (610-546 ACN) avait dépassé tout cela et dit : l'*Apeiron*, mot que l'on traduit souvent, à tort, par « Infini » alors qu'il vaudrait mieux choisir « Indéterminé » (dans le sans de « sans détermination », sans cause, sans rien d'antérieur ni d'extérieur... c'est le Soi ou le Cela du Vedanta indien). On notera au passage qu'Anaximandre, avec son *Apeiron*, atteint une notion quasi mathématique pas si éloignée

que cela de la notion d'espace-temps non euclidien (donc malléable) de la relativité générale einsteinienne.

Un peu plus tard, Anaxagore (500-428 ACN) renchérit et monte encore d'un cran sur l'échelle de l'abstraction. Il fait une innovation colossale et il dit : le *Noûs*, l'Esprit, l'Intelligence (qu'Aristote rebaptisera « Intellect-agent »). Ce faisant, Anaxagore tue le matérialisme et invente le spiritualisme : à l'origine de tout, même de la matière et de toutes ses formes et agencements, il y a l'Esprit dont la matière n'est qu'une idée, actualisée, réalisée par sa seule volonté.

Et l'on voit ainsi s'égrener le chapelet des théories : l'Esprit engendre l'Indéterminé qui engendre l'Air ténu puis l'Eau plus dense, etc.

On verra que l'on n'est, là, pas très loin des conceptions actuelles...

Toujours en Ionie, pas très loin de Milet, deux autres conceptions de la substance unique virent le jour.

Héraclite d'Éphèse (544-480 ACN) dit : le Feu, ce qui travaille, ce qui est en travail donc l'énergie en son sens étymologique : *en-ergon*. Héraclite se distingue de tout ce petit monde présocratique moins par son idée de Feu que par ce que cette idée implique : l'impermanence. Tout coule, écrit-il. *Panta rhei*. Héraclite est le frère jumeau de Lao-Tseu. Héraclite que l'on surnomme l'Obscur à cause du style lapidaire de ses fragments, sans doute, mais surtout à cause de l'immense difficulté conceptuelle à concevoir l'impermanence comme fondement de tout. Héraclite fonde, de ce côté-ci du monde, une métaphysique du Devenir en totale opposition avec les métaphysiques de l'Être de Parménide d'Élée (520-470 ACN), de Platon (428-347 ACN) et de la plupart des penseurs occidentaux qui suivront. Le débat est crucial. D'un côté - celui de l'ontologie, de la métaphysique de l'Être -, le fond du fond est considéré comme immuable, inaccessible aux changements, aux mouvements, aux transformations qui n'en sont que les « accidents » comme disait la scolastique médiévale. De l'autre côté - celui de l'hénologie, de la métaphysique du Devenir -, le fond du fond est le mouvement même. Dans l'histoire de la physique, ce débat a vite été tranché : la physique est à la recherche des immuables au-delà des phénomènes et, ainsi, sans bien trop le savoir, elle participe pleinement de la métaphysique de l'Être. Notre physique classique

est, souvent sans s'en apercevoir, parménidienne et platonicienne (la physique complexe, on le verra, est radicalement héraclitéenne). Plus prosaïquement, la physique classique est une physique des corps, des influences et des proportions, c'est-à-dire des briques élémentaires de matière, des forces élémentaires d'interaction, de lois élémentaires de l'univers. La révolution scientifique qui pointe le nez, aujourd'hui, remplace la physique des objets (des élémentaires) par une physique des processus (des logiques de déploiement) ; elle donne enfin raison à Héraclite (et à Lao-Tseu) contre Parménide et Platon.

Non loin d'Éphèse et de son Héraclite, Xénophane (6^e s. ACN) prend, lui aussi, parti pour l'hénologie contre l'ontologie et il dit : l'Un. Tout est Un. Tout est dans l'Un. L'Un englobe et transcende le Tout. Et l'Un est vivant, totalement vivant. Les philosophes appellent cette doctrine l'hylozoïsme, de *hylè*, la « matière » et de *zôôn*, la « vie ».

Face à toutes ces conceptions milésiennes, toutes plus monistes les unes que les autres, toutes très convergentes, au fond, se dressent les écoles d'Élée en Italie du Sud, d'Abdère en Thrace, près du Bosphore, et de Samos, une île de la mer Égée près des côtes turques.

Parménide d'Élée pose l'Être immuable comme réalité dernière : tous les changements ne sont qu'illusions. Son disciple, Zénon d'Élée (480-420 ACN), ira même, par les célèbres raisonnements de la flèche et du lièvre, ou d'Hercule et de la tortue, jusqu'à « prouver » que tout mouvement n'est que pure illusion. Lorsque Hercule, à la course, parvient à l'endroit où était la tortue, celle-ci a avancé. Et ainsi de suite, à l'infini. Donc Hercule ne rattrape jamais la tortue. C.Q.F.D. Comment reprocher à Zénon de ne pas maîtriser le calcul aux limites et de n'avoir pas vu qu'une suite infinie peut très bien converger vers un résultat fini ? Toujours en Italie du Sud (nommée, à l'époque, grande Grèce), Empédocle réfléchit autrement. Il reprend les avis de Thalès (Eau), d'Anaximène (Air) et d'Héraclite (Feu) et leur trouve, à chacun, de beaux avantages. Il en conçoit une nouvelle théorie qui rompra, pour longtemps, avec le beau monisme originel d'Ionie. Il invente la théorie des quatre éléments. Tout ce qui existe est un assemblage de quatre fondamentaux immuables, incorruptibles,

l'Eau, l'Air, la Terre et le Feu. Le monisme devient pluralisme. Le singulier devient pluriel. La substance devient les substances.

À Abdère, Leucippe et son disciple Démocrite iront plus loin. Ainsi que le relate leur lointain successeur, le latin Lucrèce dans son long poème *De natura rerum* (« De la nature des choses »), l'idée d'atome naît en regardant un nuage de poussière dans la lumière du soleil : on se rend compte, alors, que ce que l'on croyait de l'air vide est, en réalité, empli d'une multitude de grains infimes. Leucippe en conçoit sa théorie - qui reste le fondement de la physique mécaniste et de la philosophie matérialiste - : tout ce qui existe est un assemblage de grains infimes, immuables, insécables qu'il appelle, pour cette raison, les atomes, les *a-tomos*, les « sans coupures », les « sans morceaux ». Métaphysiquement, cette nouvelle théorie réussit la prouesse de synthétiser l'Être immuable de Parménide et l'absolue évidence du mouvement universel. Ainsi naquit l'idée des « briques élémentaires » immuables et originelles que l'hyperaccélérateur de particules du CERN à Genève tente encore, sempiternellement, de capturer.

Non loin de là, dans l'île de Samos qui jouxte l'actuelle Turquie, naît un certain Pythagore (580-497 ACN) qui émigra, après un tour des villes d'enseignement, vers Crotona, non loin de l'Élée de Parménide et d'Empédocle. Pythagore, en quelque sorte, invente et sacralise la physique mathématique : le fondement ultime de tout ce qui existe sont les êtres mathématiques purs et parfaits : les nombres de l'arithmétique et les figures de la géométrie. Un idéalisme d'avant Platon, en somme... dont Platon, on le sait, s'est très fortement inspiré pour créer son monde des Idées tel qu'il est explicité dans la fameuse allégorie de la caverne (*La République*, livre VII).

Dans cette théorie pythagoricienne, on retrouve le *Noûs* d'Anaxagore et son spiritualisme (le pythagorisme est avant tout une école mystique et extatique), mais aussi un pluralisme éloigné du monisme milésien : les nombres et figures sont multiples et nombreux.

Pythagore médite le monde au travers des abstractions mathématiques, exactement comme le font les physiciens-mathématiciens actuels au travers des groupes de Lie ou des espaces d'Hilbert. Ce faisant, Pythagore inaugure une tradition qui ne s'est jamais démentie tout au long de la longue histoire

de la physique : les mathématiques sont la langue de Dieu, le langage absolu, la quintessence du réel. Sans le savoir souvent, les physiciens d'aujourd'hui, en faisant des mathématiques la condition de scientificité, continuent de colporter un idéalisme pythagoricien et platonicien fondamentalement incompatible avec le réalisme scientifique. Mais rien n'y fait, bons petits soldats, ils continuent, depuis vingt-trois siècles, leur œuvre d'idéalisation du réel.

Il faut se donner, ici, l'espace d'une discussion sur les rapports entre mathématiques et physique.

À lire Pythagore, les mathématiques pourraient sembler « objectives », « absolues » ou « platoniciennes » lorsque l'on considère que les objets complexes sur lesquels elles débouchent, sont d'une sophistication telle que l'esprit humain n'est pas (plus) capable de les appréhender : ces objets sont alors supposés hors de l'esprit humain « donc » possédant une existence absolue en soi (dans l'univers des formes et des idées). L'argument est totalement fallacieux. Cette « échappée » hors de la préhension intellectuelle humaine vient simplement de la richesse infinie des combinaisons possibles des objets fondateurs des mathématiques qui, eux, ressortissent totalement et irréversiblement des expériences pratiques de l'esprit humain.

Il est impossible à un être humain de concevoir et de jouer toutes les parties possibles d'un jeu d'échec ou de go ; cela ne permet pas d'en inférer que ces jeux seraient d'essence divine, tout droit issus d'un supposé monde des idées ou des essences, immuable, éternel, absolu et totalement étranger au monde réel, humain ou naturel, etc.

Ces jeux - comme les mathématiques - sont de purs produits de l'imagination humaine, et rien d'autre. Le fait qu'ils permettent des combinaisons infinies n'interdit nullement leurs racines finies.

L'argument platonicien est ici une resucée des arguments de Zénon d'Élée contre le mouvement, dont on sait qu'ils sont notoirement faux et fallacieux.

Les mathématiques ne peuvent prétendre modéliser que la part idéalisable de l'univers réel, c'est-à-dire la part où les objets et

relations sont suffisamment rudimentaires pour autoriser les simplifications idéalisantes du genre : le tronc d'un arbre est un cylindre vertical, où l'obus n'a ni volume ni surface et ne subit ni frottement, ni échauffement, où l'espace-temps est euclidien.

Le filtre épistémologique par lequel l'esprit humain ne « voit » pas ce qui n'est pas idéalisable, explique le succès de la mathématisation de la physique qui, *ipso facto*, ne s'intéresse plus qu'aux phénomènes filtrés par lui.

Ce cercle apparemment vertueux est on ne peut plus vicieux : il a pollué toute l'histoire de la physique depuis Galilée.

On n'insistera jamais assez sur le fait que la physique classique-et, plus encore, les mathématiques - procède par idéalisation, c'est-à-dire par simplification, élémentarisation, « lissage » de ce Réel, seul réel qu'elle n'assume jamais tel quel.

Une telle science simplificatrice se condamne à ne traiter avec succès que les cas les plus élémentaires : elle est ontologiquement inapte à la complexité du Réel.

À titre illustratif, voici un joli extrait de *L'énergie* de Wilhelm Ostwald, prix Nobel 1909 (c'est moi qui souligne) :

*« Toutes les machines existantes ont même la propriété de rendre moins de travail qu'on y en met. Mais cette perte provient de leur **imperfection** qui pourra être diminuée de plus en plus, de sorte que la quantité de travail introduite dans la machine et celle qui en sortira, pourront se rapprocher de plus en plus. **Pour élucider une question, la science commence par faire abstraction des circonstances variables qui la compliquent dans la réalité ; ce n'est qu'après avoir résolu la question ainsi simplifiée qu'elle entre dans les détails (...)** »¹*

Il faudra bien, un jour, en finir avec cette science idéaliste et fonder une science réaliste qui renonce aux invariances, aux universaux, aux immuabilités, bref, qui renonce à l'Être.

Mais revenons à l'histoire du concept de Matière.

1. Remarquons que le principe universel d'entropie est un "détail" ou une "imperfection", et que le verbe "compliquent" recouvre pudiquement la notion de complexité réelle qu'il convient de "simplifier".