

« ...à mesure qu'une science devient exacte, elle considère moins la causalité. [...] la physique parle de lois, et la loi a un caractère intemporel » Charles Beaudouin.

« On arrive à penser symboliquement parce que les phénomènes d'ensemble sont immobiles comme des symboles » Gaston Bachelard.

La clairvoyance de Wolfgang Pauli

S. KOUTANI. Juillet 2007.

Je voudrais rapprocher deux remarques du physicien Wolfgang Pauli faites sur des domaines d'analyse, apparemment étrangers l'un à l'autre. Il y a un lien qui, à ma connaissance, n'a jamais attiré l'attention, entre d'une part une remarque sur la manière statique de penser le monde, dont nous allons voir les sources, et d'autre part, une remarque faite par Pauli en 1927, sur l'anomalie du temps dans les postulats de la Physique quantique. Il faut dire que, malgré les travaux de Y. Prigogine, la Physique n'a toujours pas dissout cette anomalie, qui se trouve à l'origine des questions et des paradoxes autour des interprétations des événements du monde microscopique, dont une grande partie est, me semble-t-il, totalement dénuée de sens.

On connaît surtout Wolfgang Pauli comme un grand physicien du XX^e siècle. On lui doit, en tant que co-fondateur de la Physique quantique, le célèbre principe d'exclusion qui dit que deux fermions d'un système – deux électrons par exemple - ne peuvent avoir le même jeu de nombres quantiques. Cela permet, rappelons-le, d'expliquer entre autre la structure électronique des atomes et contribue au sens de leur classification dans le bien connu tableau périodique de Mendeleïev. Mais Pauli portait en même temps un intérêt soutenu à la Philosophie et à la Psychologie en particulier, ce qui passe bien souvent encore aujourd'hui sous silence, volontairement peut-être.

Pauli a cherché les traits de la pensée scientifique, ou pré-scientifique, occidentale du début du XVII^e siècle, ou plus précisément ce qui caractérise le seuil ou la transition entre l'ancienne vision animiste du monde, marquée par des descriptions magico-symboliques, et la représentation moderne, dite aujourd'hui classique, qui est quantitative, mathématique. Pour Pauli, la science moderne a un *caractère statique* et s'est développée sur le terreau dynamique des croyances magiques et animistes du monde. Mais, on ne peut saisir pleinement les réflexions de Pauli sur cette question, si on ne les situe pas dans le cadre de sa collaboration avec son ami Carl Jung.

Un des éléments fondateurs de la psychologie de Jung est *l'archétype*. C'est un concept relativement complexe que l'on peut difficilement

assujettir à une définition, probablement parce que ce concept a évolué dans l'œuvre de Jung elle-même. S'il n'est pas question de faire ici une « archéologie » de l'archétype, on peut dire, néanmoins, que les archétypes chez Jung sont des structures relativement mobiles et actives qui rassemblent les éléments psychiques, le vécu, en images que Jung qualifie d'archétypiques. Les archétypes ne concernent pas seulement l'inconscient individuel, ils sont surtout constitutifs de *l'inconscient collectif* au point d'en être presque le synonyme¹. Jung s'appuie sur l'archétype pour ressortir la topologie de l'imaginaire qui permet d'expliquer même pour des objets simples, tel le langage, cet excellent représentant des dépôts collectifs, pourquoi l'Âme est représentée avec des traits féminins et l'Esprit toujours avec quelque chose de masculin. Nous pensons sur et par des images, et celles-ci ont une histoire avec des éléments correspondants entre l'inconscient individuel et l'inconscient collectif.

Les archétypes sont des images de nature collective - ayant une vie propre - qui évoluent et enrichissent l'imagination depuis l'aube de l'humanité. En ce sens, les mythes et les représentations magico-symboliques constituent pour Jung d'excellents fossiles des images archétypales.

C'est avec ce concept d'archétype, comme support d'analyse d'une période de transition vers l'ère scientifique, que Wolfgang Pauli s'est penché sur le cas Kepler dont les travaux sont significatifs, la veille de la révolution newtonienne. Johannes Kepler (1571-1630) avait en effet une conception du monde, que nous qualifierions aujourd'hui de mystico-magique, qui l'a inspiré dans la construction des lois de notre système planétaire, les célèbres *lois de Kepler*, établies loin de la stricte démarche mathématique devenue plus tard familière. Mieux encore, le travail de Kepler qui peut être considéré par ailleurs comme scientifique, est incompréhensible loin du contexte magico-symbolique de son époque.

Voici la thèse de Kepler.

Kepler symbolise la Trinité par un centre et une circonférence immobiles d'une part, et par un mouvement entre ce centre et cette circonférence d'autre part. Le centre représente Dieu et la circonférence le Christ. Et c'est l'Esprit Saint qui effectue un mouvement linéaire entre Dieu et le Christ. Bien sûr, nous n'avons pas à discuter le sens religieux de cette symbolique. Ce qu'il faut voir, c'est qu'il y a dans la vision de Kepler une hiérarchie des mondes et surtout une similitude entre eux ; notre monde terrestre, le monde des planètes, la Trinité... On retrouve cette symbolique partout dans les descriptions képlériennes, et Kepler

¹ On peut dire par rapport à l'inconscient que l'archétype a un sens orienté vers le haut, celui des images et des idées, c'est cette signification qui domine ; mais l'archétype a un sens qui se trouve orienté vers le biologique, que Jung indique lorsqu'il considère l'archétype comme l'« intuition qu'a l'instinct de lui-même ». Voir Charles Beaudouin, *L'œuvre de Jung*, PBP, 1963, p. 184.

lui-même nous indique la similitude : « Le soleil au milieu des étoiles mobiles [...] est à l'image du Dieu le père créateur »². Mais ce qui nous intéresse surtout, c'est le caractère intemporel que présente la symbolique képlérienne. C'est ce que relève justement Pauli dans le passage ci-dessous :

« Le mouvement linéaire, issu du centre, est le seul que renferme son symbole et, dans la mesure où ce mouvement est capté par la surface de la sphère, on peut le qualifier de statique. Comme la trinité n'a jamais été représentée de cette façon avant Kepler, et que celui-ci se situe au seuil de l'ère scientifique, on est porté à croire que son mandala indique une disposition ou une attitude psychologique dont la portée dépasse largement sa personne, et qui a produit la science qu'on appelle aujourd'hui classique. Partant d'un centre interne, la psyché, par une sorte d'extraversion, paraît se diriger vers l'extérieur en direction du monde physique où, par hypothèse, tout fait est de nature *automatique*³, si bien que, par ses idées, c'est en quelque sorte statiquement que l'esprit embrasse ce monde physique. »⁴

Évitons préalablement l'équivoque : encore une fois, ce qui nous intéresse ici, ce n'est ni la Trinité, ni l'ésotérique, ni même les archétypes de la psychologie de Jung. Nous voulons révéler les caractères de la représentation scientifique ; plus particulièrement le caractère statique des modèles rationnels, décrivant cependant des phénomènes dits dynamiques. Mais avant de nous intéresser à cet aspect statique de la représentation, qui est, selon Pauli, une nouvelle image archétypale, significative d'une mutation de la connaissance vers le rationnel, il faut préciser l'ancienne image du monde où le mouvement et le changement étaient perçus, et donc symbolisés, comme une métamorphose, de l'un vers l'autre, entre un centre et une circonférence. Il est bien connu que les composantes de cette symbolique ne datent pas de Kepler ; cette symbolique est présente dans l'idée antique des *existences en acte et en puissance*. Et comme nous le verrons, cette idée métaphysique sous-tend le formalisme mathématique actuel de la Physique, elle le soutient au sein même de la science contemporaine, par-delà l'objectivité, parfois abusivement annoncée et outrageusement défendue.

L'acte et la puissance

Malgré les apparences de la théorie physique, le mouvement est un phénomène très compliqué, dans la définition et dans l'analyse. Dans les ouvrages scolaires de Mécanique, des trois premiers quarts du XX^e siècle, les auteurs tentaient d'amener sans détours par la philosophie quelques définitions du temps et de l'espace parfois hasardeuses, faut-il le

² W. Pauli. *Le cas Kepler*, Albin Michel, 2002, p. 58.

³ Souligné dans le texte.

⁴ W. Pauli. *Le cas Kepler*, p. 60.

préciser. Mais on sentait quelque chose d'inachevé ou de lacunaire avant et pendant l'introduction de la notion précieuse de vitesse, ce fut du moins mon sentiment. Aujourd'hui la définition est quasiment mathématique, l'on raccourcit les controverses jugées inutiles, en introduisant rapidement l'intervalle de temps sans parler du temps lui-même. Cela n'est pas choquant sous des politiques éducatives orientées par l'économique vers l'utilitaire, et non pas vers la maîtrise du concept, son histoire pédagogiquement inestimable !

Qu'y a-t-il d'immuable dans le mouvement, dans le changement ? Parler du mouvement ou du changement, c'est déjà parler d'une chose et de son contraire. Les existences successives d'un objet sont en effet impossibles à la fois. Il y a de l'être et du néant que l'on subsume dans une représentation statique. Il en va de même pour un phénomène causal, l'esprit ne voit la relation qu'en se représentant la cause et l'effet en même temps, c'est-à-dire hors du temps. **Le concept est statique.**

Quel est le principe des êtres et de leur devenir ? Les écoles grecques ont, chacune à sa façon, résolu ce problème. Aux extrêmes, rappelons-le, on trouve bien polarisées les thèses d'Héraclite et de Parménide. Pour le premier, il n'y a que le devenir ; tout change et l'Être ne peut être consécutivement le même. Héraclite a nié l'être. Il professait la thèse selon laquelle « on ne se baigne pas deux fois dans le même fleuve ». Quant à Parménide, c'est le changement et le mouvement qui sont en revanche des illusions. Parménide a donc sacrifié le devenir pour l'Être. Et l'on se souvient des arguments de Zénon en faveur de cette thèse, dans l'exemple d'Achille qui ne parvient jamais à dépasser la tortue.

Le point de vue d'Aristote nous intéresse plus ici. Aristote a levé la contradiction entre l'Être et le devenir en distinguant deux principes métaphysiques, celui de l'*acte* et celui de la *puissance*. Un être est soit puissance, soit acte. L'acte est l'être achevé, comme un arbre ayant atteint l'état de croissance de son espèce. Dans l'état d'acte, l'être n'a plus de virtualité à actualiser, contrairement à la puissance qui est un état d'aptitude au changement. Ainsi l'argile est un vase ou encore une statue en puissance. Plus généralement, la forme pour Aristote est la matière en acte. Mais de la puissance à l'acte, l'argile nécessite une intervention extérieure pour se réaliser. C'est pourquoi cette *puissance* est *passive* dans le langage d'Aristote, contrairement à la graine qui est un arbre en *puissance active*. De la même manière, la matière morte est vivante en puissance. Le mouvement devient l'acte de ce qui est en puissance. Le changement n'est pas un passage du néant à l'être, mais c'est l'évolution d'une coexistence de l'acte et de la puissance vers un acte pur ; c'est l'Être ayant épuisé tous ses possibles. Nous verrons que le principe de causalité des sciences modernes a des racines qui se prolongent dans cette région de la dialectique entre *le possible et le réel*, ou *le virtuel et l'actuel*.

Je vois déjà se structurer des objections chez les lecteurs avertis, quant aux rapports du virtuel au possible et de l'actuel au réel. Les deux couples présentent effectivement un défaut de similitude. Mais il faut dire que dans la littérature philosophique et scientifique courante, en particulier dans les interprétations de la Physique quantique, il y a bien souvent cette confusion entre le virtuel et le possible et entre l'actuel et le réel. Henri Bergson⁵ a tellement saisi l'importance de la différence qu'il faut opérer entre ces couples que cette même différence est devenue le socle de sa *philosophie de la durée*. Un texte lumineux de Gilles Deleuze sur Bergson va nous permettre de lever l'ambiguïté sans commentaire :

« Nous devons prendre au sérieux cette terminologie : le possible n'a pas de réalité (bien qu'il puisse avoir une actualité) ; inversement le virtuel n'est pas actuel, mais *possède en tant que tel une réalité*. [...] le processus de réalisation est soumis à deux règles essentielles, celle de la ressemblance est celle de la limitation. Car le réel est censé être à l'image du possible qu'il réalise (il a seulement l'existence ou la réalité en plus [...]). Et comme tous les possibles ne se réalisent pas, la réalisation implique une limitation par laquelle certains possibles sont censés être repoussés ou empêchés, [...]. Le virtuel au contraire n'a pas à se réaliser mais à s'actualiser [...] le virtuel ne peut pas procéder par élimination ou limitation, mais doit créer ses propres lignes d'actualisation [...] le propre de la virtualité, c'est d'exister de telle façon qu'elle s'actualise en se différenciant »⁶.

Dans quel couple pourrions-nous alors situer la graine et l'arbre d'une part, et l'argile et la statue d'autre part ? L'arbre est la graine en acte. L'arbre actualise ce qui existe virtuellement dans la graine, laquelle ne contient aucun possible. Quant à l'argile, il faut bien une main intelligente, sans quoi il restera toujours une masse informe même avec de l'eau et du feu en plus. Il faut une cause. Le principe de causalité prolonge la branche historique de la puissance passive. Il ne concerne que le possible et le réel, et normalement, tout se passe bien dans le travail scientifique tant que l'on cherche des causes ou l'on formule des lois ; lorsque l'on ignore ou l'on élimine *de jure* les phénomènes où s'actualisent des virtuels. Sinon le principe de causalité devient aveugle dans l'analyse des phénomènes naturels.

Les remarques de Pauli

La représentation képlérienne a une histoire dans la pensée occidentale, qui renvoie loin des questions relatives à la Trinité. Chez des néoplatoniciens, comme Proclus (412-485), on retrouve la symbolique de Kepler, mais liée cette fois à l'idée d'existence en acte ou en puissance. La

⁵ Bien avant Bergson, Leibniz a fait sentir dans son œuvre ses hésitations sur le choix à adopter dans chaque situation (principe des harmonies établies et concept de la monade).

⁶ G. Deleuze. *Le bergsonisme*, p. 99.

symbolique qu'utilisa Proclus et que Jung aurait qualifiée d'archétypique, correspond, bien que différemment, à la représentation képlérienne. Il faut dire que Kepler, bien qu'admirateur des conceptions pythagoriciennes fondées sur le nombre, était attaché au néoplatonisme de Plotin et de Proclus. Sauf que chez Proclus par exemple, on observe, force est de le souligner, une symbolique apparemment temporelle. Proclus écrit : « la circonférence est semblable à un centre qui s'est étendu, elle converge vers lui, parce qu'elle aspire à être centrée en lui et s'unifier dans ce mouvement. Ainsi le principe de la procession devient le terme de la conversion »⁷. Avec cette image géométrique, Proclus voit la genèse du multiple, par progression ou procession à partir de l'Un, et de l'Un, par régression ou conversion du multiple. Il s'agit là du problème métaphysique des *hénades*, bien plus compliqué que l'aspect symbolique qui nous intéresse ici : Le problème de Proclus était celui de l'Un et de l'Être, de l'identité et de la diversité, et des processus antithétiques qui créent et maintiennent les *hénades* de l'univers (structures génétiques des *monades* leibniziennes).

Nous pouvons dire, avec une transposition dans un langage plutôt actuel, qu'avec la conversion, la contraction replie l'étendue vers le centre : l'acte *replié* en puissance. Le centre a un caractère purement intensif. Et avec la procession, la dilatation de la circonférence symbolise la puissance *dépliée* dans l'acte. La puissance anciennement concentrée s'extériorise ; et il n'y a pas, doit-on indiquer, d'extériorisation sans espace, telle l'existence des choses l'une par rapport à l'autre ou chacune par rapport à l'esprit qui les observe. Ce dépliement a un caractère extensif. Ni le centre ni la circonférence ne sont immobiles. La dynamique où se mélangent la contraction vers l'intensif, un pur qualitatif, et la dilatation vers l'extensif, un pur quantitatif, maintient les êtres continûment dans le temps et l'espace. Voilà tout !

Remarquons au passage que c'est cette image métaphysique qui fera coexister chez Leibniz des points géométriques et des points métaphysiques. L'on peut aussi voir dans le centre métaphysique de Proclus le temps de Bergson, un pur intensif dépouillé de tous les ingrédients de l'espace.

Mais ce qui importe le plus, c'est de souligner dans la dynamique de contraction/dilatation la coexistence mélangée, voire l'absence dans un état séparé, de la cause et de l'effet dans la réalité des êtres en général. Le principe de causalité n'a en effet émergé qu'ultérieurement, lorsque l'imagination a pu séparer nettement le temps de la cause du temps de l'effet et les a fait coexister *en même temps* dans la représentation mathématique. Cette séparation n'est devenue possible que par une diminution du caractère dynamique au profit d'une représentation statique des événements, que l'on a indexés par le temps des horloges.

⁷ Jean Trouillard. *Histoire de la Philosophie*, La Pléiade, 1969, p. 921.

C'est bien une mutation de taille qu'il faut voir dans la symbolique de Kepler, mais qui dépasse la personne de Kepler, comme le précise avec clairvoyance Wolfgang Pauli. L'imagination se contente d'un centre et d'une circonférence immuables, d'un mouvement simple entre deux lieux fixes, pour représenter le monde.

Le monde se fige, et sa mathématisation va bientôt s'accélérer. Mais il fallait d'abord une extériorisation effective des événements par rapport à l'esprit qui les observe. Or extérioriser, c'est justement mettre dans l'espace. Mais comme seul l'esprit qui pense est conscient du temps qui passe, extérioriser c'est aussi séparer dans l'entendement les objets du temps, protéger leurs images du temps. L'extériorisation a un prix. Car dans les faits, on ne connaît qu'un lieu à un instant donné et un instant dans un lieu donné. Ce que l'on extériorise en fait, ce sont des images construites à partir des objets sensibles, mais sur une trame qui est symbolique. L'extériorisation est cette projection de l'image que l'on tente de faire coïncider avec l'objet qu'elle représente. Or, La trame képlérienne a elle-même une nature statique, et c'est ce que fait remarquer Pauli, elle n'est pas un champ dynamique où l'image du monde sensible prendrait naissance. Le trait fondamental de l'extériorisation de l'image est *mettre hors de nous*, dans l'espace. Nous pouvons dire, par conséquent, que l'absence d'une symbolique temporelle dans l'inconscient de l'époque de Kepler a participé à l'émergence de concepts, peu ou pas du tout dynamique, qui allaient orienter le développement de la Physique. Voilà pourquoi Wolfgang Pauli nous dit au sujet de Kepler :

« Partant d'un centre interne, la psyché, par une sorte d'extraversion, paraît se diriger vers l'extérieur en direction du monde physique où, par hypothèse, tout fait est de nature automatique, si bien que, par ses idées, *c'est en quelque sorte statiquement que l'esprit embrasse ce monde physique.* »⁸

Il n'est donc pas étonnant que Pauli soit le premier à faire remarquer que, contrairement à l'espace, au temps t ne correspond aucun Opérateur T qui agirait dans l'espace de Hilbert dans l'Axiomatique orthodoxe de la Physique quantique. L'introduction d'un tel opérateur aurait impliqué des problèmes concernant les limites de l'énergie. Cette remarque de Pauli constitue la seconde remarque d'une grande importance, non sans lien avec la première. Elle est susceptible d'expliquer toute la confusion que traîne la littérature sur l'indéterminisme intrinsèque de la Physique moderne. J'ai développé ailleurs cette problématique dans le cadre d'une étude sur le statut de l'irréversibilité dans la connaissance objective. Elle est à mon sens le point de divorce entre la Relativité générale et la théorie quantique.

⁸ Non souligné dans le texte.

« La pensée humaine crée une image continuellement changeante du monde »⁹. Cette affirmation frappe remarquablement d'un sceau tout l'ouvrage de A. Einstein et L. Infeld, *L'évolution des idées en physique*. Pour ces derniers, les images ont aussi une origine interne à l'esprit : « Les concepts physiques sont des créations libres de l'esprit humain et ne sont pas comme on pourrait le croire, uniquement déterminés par le monde extérieur. »¹⁰ Là Einstein et Infeld confirment, bien que dans un autre contexte, trois siècles plus tard, ces propos de Kepler : « connaître, c'est comparer une perception extérieure avec des idées intérieures, et la juger concordante avec elles. Ce que Proclus exprime à merveille par le mot "éveiller", comme si on s'éveillait d'un somme. »¹¹ Pour Einstein la Physique a l'objectif d'unifier le monde dans une seule image, dans une théorie physique simple. Une image figée qui marquera la fin de l'histoire de la Physique. Car, selon Einstein, à mesure que l'image du monde se simplifie, elle décrit une plus grande variété de faits. L'évolution des idées est cette simplification continue de l'image, qui correspond à l'unification des faits. Einstein a su en effet simplifier le monde dans son monde-bloc relativiste où tout, y compris le futur, a toujours existé. Pour Kepler, nous l'avons remarqué, les idées sont depuis toujours présentes *en puissance* dans l'âme humaine, dans l'archétype, et font éruption dans l'acte de connaître.

C'est bien sur le sol de la mystique et des idées occultes que le rationalisme a émergé. Sur ce sol tout est animé, tout est actif. Tout a une âme. Aucune cause n'est sérieusement protégée contre le mouvement de l'immatériel très actif. Il fallait bien protéger plus tard le mouvement contre ses âmes mouvantes pour le représenter d'une façon rationnelle. C'est pour cette raison que Leibniz reprochait constamment à Newton d'avoir utilisé des forces occultes, lorsque ce dernier a introduit l'action à distance. Mais Newton savait que la méthode qu'il venait d'utiliser a éliminé préalablement l'animisme des forces agissant entre les masses : Newton a amorcé la géométrisation de la physique, c'est-à-dire sa naissance. D'ailleurs, le titre qu'il donna à son chef-d'œuvre est très significatif : *principes mathématiques de la philosophie naturelle*. Mais la géométrisation complète n'a eu lieu que par l'introduction du concept de champ au XIX^e siècle. La pensée tient dans le champ un continuum statique qui n'existe en toute rigueur qu'en *puissance*. Les physiciens se protègent désormais de la métaphysique !

Disons pour finir que la pensée procède toujours en deux temps dans sa division d'un phénomène. C'est sous ce rapport aux phénomènes que

⁹ A. Einstein et L. Infeld. *L'évolution des idées en physique*, p. 13.

¹⁰ *Ibid*, p. 35.

¹¹ W. Pauli. *Le cas Kepler*, Albin Michel, 2002, p. 45.

G. Bachelard nous propose de méditer n'importe quelle loi de la Physique, telle la pesanteur. Il écrit : « je doublerai la pensée de l'action effective de la terre sur le mobile par la pensée d'une action potentielle, toute préalable à l'action effective. [...] Je saisirai l'influence de la terre plutôt dans sa possibilité que dans le développement causal effectif. [...] L'attraction de la pesanteur sera analysée en « deux temps » en mettant en rapport deux objets : le mobile et la terre, en distinguant aussi le temps du possible et le temps du réel. [...] L'étude des fonctions potentielles mathématiques qui sont à la base de la physique mathématique des champs, se fonde, qu'on le veuille ou non, sur l'idée métaphysique de puissance. On retrouve l'antique mode de pensée qui s'expose dans le passage de la puissance à l'acte, avec au départ, une hétérogénéité métaphysique de la puissance et de l'acte, de la cause et de l'effet »¹².

¹² G. Bachelard. *Le dialectique de la durée*, p. 58.