

Sur la liberté en science : Einstein, Maugin et Leibniz.

Vers une rationalité intégrale

N. Daher

Institut FEMTO-ST, Université de Franche Comté, CNRS

Préambule et considérations générales (Dans une première lecture, on peut passer directement à l'introduction page 6).

Cette étude prend sa source dans un article de C. Comte intitulé « Sur quels principes peut-on édifier une mécanique vraiment rationnelle ? ». L'approche adoptée dans cet article fut exposée au séminaire « Epiphymaths » de l'université de Franche Comté à Besançon. La « vraie rationalité » proposée dans l'article entend se passer du formalisme de Lagrange et Hamilton associé au principe de moindre action constituant la « rationalité usuelle » de la physique. C. Comte écrit à la fin de l'introduction de son article : « Il est sans doute préférable de fonder la mécanique sur un principe d'existence de restrictions, qui ne préjuge nullement de ces restrictions, et qui, à l'opposé du principe de moindre action, ne présuppose aucun schéma particulier d'organisation de la nature. En effet, au lieu de prétendre que les mouvements ont toujours lieu de telle sorte qu'une certaine quantité, l'action, soit minimale, on pose un principe au contenu beaucoup plus modeste, car il dit seulement ce que le monde n'est pas : le chaos total. Et il est ensuite tout-à-fait satisfaisant de constater que les lois de conservation de la mécanique découlent logiquement des principes de symétries, dès lors que le monde n'est pas un chaos total, et que leur forme est indépendante à la fois de la nature des objets et des interactions ; l'identité de ces lois en physique classique et en physique quantique apparaît ainsi comme une nécessité logique ». En bref, C. Comte cherche un cadre de pensée moins contraignant que celui fourni par la « rationalité usuelle » associée au formalisme de Lagrange et Hamilton, qui repose sur le principe de moindre action. Ce cadre conduit, d'après le titre de son article, à une « vraie rationalité ».

La présente étude a pour but de montrer que malgré l'intérêt indéniable de l'approche de Comte, celle-ci ne peut pas atteindre la prétendue « vraie rationalité » pour la simple raison que, quelle que soit sa pertinence, la méthode analytique adoptant un point de vue plutôt qu'un autre sur le mouvement reste en deçà d'une « vraie rationalité » accessible uniquement par une méthodologie radicalement différente et se situant au-delà de tout point de vue spécifique. Or, la démarche de C. Comte définit le mouvement au travers d'un nouveau point de vue : celui de la rapidité, certes intéressant dans la mesure où il apporte une économie substantielle, n'ayant plus besoin ni du lagrangien ni des concepts d'espace et de temps qui lui sont associées usuellement ne serait-ce que pour définir la vitesse. Pour être précis, on considère qu'on a une « vraie rationalité » si l'on est capable d'accéder au cœur de la dynamique constitué par la loi fondamentale de cette dynamique (lien entre les entités qui se conservent : énergie et impulsion) sans recours à un quelconque point de vue sur le mouvement spécifié à l'avance.

Après avoir expliqué le sens physique de la rapidité et les propriétés mathématiques de cette notion introduite grâce à un théorème issue de la théorie des groupes C. Comte précise : « la mesure de la rapidité peut ainsi être effectuée indépendamment de toute mesure de longueur et de temps, et il en sera de même de l'énergie et de l'impulsion, dont nous déterminerons plus loin les expressions en fonction de la rapidité ». En comparant sa démarche à celle de Lagrange et Hamilton, on note qu'il s'agit bien de la même dynamique (monde commun) puisqu'en éliminant la rapidité entre les deux expressions mentionnées ci-dessus on accède au cœur de la dynamique retrouvant la loi fondamentale liant les entités qui se conservent, celle-là même qu'on déduit du formalisme de Lagrange et Hamilton après passage par une transformation de Legendre. Il s'agit donc de deux méthodologies différentes dont chacune constitue un point de vue sur la dynamique: l'une spatio-temporelle dont le paramètre directeur est la vitesse, l'autre non-spatio-temporelle paramétrée par la rapidité. Ces deux formes de rationalité restent partielles, chacune possédant ses avantages et ses inconvénients comme l'explique J. M. Lévy-Leblond dans un article de synthèse intitulé « speeds ».

La question fondamentale est de savoir si une « vraie rationalité » indépendante de tout point de vue sur le mouvement est possible. Si elle existe, une telle rationalité doit pouvoir inclure une multiplicité de degrés de liberté quant à la définition du mouvement, chacun d'eux correspondant un point de vue particulier. On va être ici confronté au problème de la liberté dans son rapport à la nécessité. Alors que chacune des rationalités partielles est fondée sur un a priori sur le mouvement ou encore sur ce qu'Einstein appelle « libre création de concepts » (la vitesse étant le concept de base associé au formalisme lagrangien et la rapidité celui associé à la démarche de C. Comte), la « vraie rationalité » va faire l'économie de tout a priori, permettant au mouvement de se déployer dans toutes ses dimensions ou ses potentialités pour obtenir une infinité de degrés de liberté. A l'opposé de la méthode analytique qui ne conduit qu'à de simples modèles à uniques points de vue, la « vraie rationalité » requiert une sorte d'analyse supérieure où le continu est accompagné par des éléments discrets exprimant la multiplicité des perspectives ou points de vue sur le mouvement. Le discret (absent de la méthode analytique) sera régi par une certaine logique inclusive capable d'ordonner les potentialités associées aux multiples perspectives qui restent à articuler les unes autres obtenant ainsi une théorie englobant les modèles existant et proposant de nouveaux points de vue. Ce mécanisme unificateur qui intègre cette multiplicité de perspectives de façon ordonnée suggère de remplacer le terme « vraie rationalité » par « rationalité intégrale ». Quant à la « vraie rationalité » que propose Comte et qui a émergé récemment mais qui reste relative à un simple point de vue, celle-ci sera appelée « rationalité émergente ».

C'est à partir de ces considérations qu'on va découvrir la pertinence de certains apports de la physique-mathématique, telle qu'elle fut développée dans les systèmes complexes principalement par G. A. Maugin et ses collaborateurs, ainsi que du perspectivisme philosophique surtout celui de Leibniz développé par L. Bouquiaux. Bien que l'approche de G. A. Maugin ne concerne pas la dynamique en tant que telle, la généralité de son approche et la possibilité de transférer les idées sous-jacentes d'un cadre à un autre fournit un germe et une transition permettant, sinon un raccord direct, au moins un rapprochement de distance entre le perspectivisme physique (définitions a priori complétés par des modalités de mesures) et le perspectivisme philosophique (principe de raison suffisante complété par un principe d'ordre multiple). En un mot, le perspectivisme qu'on rencontre dans l'approche axiomatique de Maugin est à mi-chemin entre le

perspectivisme éparpillé et sans unité de Lévy-Leblond et le perspectivisme intégral et relationnel de Leibniz.

Plus précisément, le passage de la physique fondée a priori, largement développée par Einstein et poursuivie par les modernes dont Lévy-Leblond et Comte va trouver un prolongement grâce à la démarche axiomatique générale de Maugin qui permet d'entrevoir la possibilité du perspectivisme de Leibniz sans y parvenir complètement. En bref, la physique d'Einstein (libre création de concepts) va correspondre à la construction d'un modèle, celle hybride de Maugin va correspondre à ce qu'on appelle une théorie-modèle dépassant la stricte modélisation mais n'atteignant pas une théorisation complète (existence de multiples degrés de liberté dont chacun constitue un point de vue). C'est seulement dans le cadre leibnizien où l'on est en mesure d'accéder au niveau de la théorie (existence et détermination de l'ensemble des degrés de liberté au travers d'un principe d'ordre multiple).

Comme monsieur Jourdain qui faisait de la prose sans le savoir, le physicien-mathématicien utilise parfois le principe de raison suffisante pour ne pas s'enfermer dès le départ dans une perspective particulière. Ce principe stipule qu'il faut garder toutes les potentialités offertes par un cadre donné et éviter au maximum l'intervention d'une hypothèse restrictive quelconque qui ne soit pas inhérente au cadre en question mais qui se rapporte à un choix propre au sujet connaissant. C'est ce que j'ai fait pendant longtemps lorsque je travaillais sous la direction de G. A. Maugin dans le cadre des systèmes complexes (milieux électro-magnéto-thermodynamiques). C'est la formation que G. A. Maugin m'avait inculqué qui a contribué – indirectement mais sûrement – à débusquer les failles logiques présentes dans les travaux de ceux qui réexaminent les fondements de la dynamique. Mais, c'est seulement lorsque j'ai fait l'effort d'aller à la source du principe de raison suffisante dû à Leibniz et au prolongement auquel il donne lieu (en particulier, grâce aux travaux de L. Bouquiaux) que j'ai pu accéder à une théorisation complète de la dynamique. Cette théorisation complète dépasse la simple modélisation (imposition d'une hypothèse non nécessaire dès le départ). Elle dépasse aussi la forme hybride : théorisation-modélisation où seule la première étape correspond à une théorisation englobant de multiples points de vue qui se trouvent réduits, en milieu de parcours, à un seul point de vue au travers d'un choix a priori transformant la théorie en un modèle. A première vue, on pourrait croire que cette forme hybride est inutile puisqu'en fin de compte on est conduit à un modèle. En réalité, ceci n'est pas vrai car lorsqu'on est face à deux modèles différents, on ne sait pas s'il s'agit d'une réelle différence ou d'un simple effet de perspective ce qui n'est pas du tout la même chose. Or, la première étape de la forme hybride qui correspond à une théorisation contient l'ensemble des potentialités avant que celles-ci se réduisent à un unique point de vue. Elle porte en elle donc la capacité de percevoir si les deux modèles en question correspondent à deux perspectives d'un même cadre ou non.

En effet, pour combattre cette tendance obscurantiste, cette manière d'aborder la rationalité physique en rapport avec le perspectivisme et le relativisme qui le sous-tend me semble d'autant plus important que de plus en plus de voix s'élèvent contre la rationalité scientifique. La rationalité physique qui constitue un modèle à la rationalité scientifique manque encore de fondement ce qui permet la croyance en l'existence intrinsèque d'un certain perspectivisme. Il convient de noter que l'affirmation de perspectivisme est à double tranchant : il y a un bon

perspectivisme : celui qui fait prendre conscience que les modèles varient selon les points de vue qu'on adopte sur la réalité mais il y a aussi un mauvais perspectivisme : celui qui laisse croire que les modèles sont dépourvus de fondement et sont de pures constructions humaines. Cette tentation peut être évitée si un cadre englobant les différents modèles fait apparaître clairement ce qui est subjectif et ce qui est objectif, et comment l'intersubjectivité et la trans-subjectivité s'articulent à l'objectivité.

Historiquement, Kant a sapé les fondements du grand rationalisme caractéristique du temps de Descartes et Leibniz, en introduisant son apriorisme qui a constitué l'idéal de la pensée scientifique jusqu'à nos jours. Après avoir cru que la théorie einsteinienne de l'espace-temps a dépassé celle de l'espace et du temps considérées par Kant comme deux formes a priori de la sensibilité, Cassirer a montré que la révolution einsteinienne ne sort pas de la philosophie kantienne même si elle remet en cause certaines croyances de Kant issues de la physique newtonienne de son temps. Non seulement le passage de l'espace et du temps à l'espace-temps reste confiné au sein de l'apriorisme kantien, mais le passage d'une physique spatio-temporelle à une physique non-spatio-temporelle reste pensable au sein d'un apriorisme élargi concernant le mouvement. Seule une dynamique de type leibnizien fondée sur le principe de raison suffisante permet de penser cette révolution en dépassant l'apriorisme de Kant et la méthode analytique qui supporte cet apriorisme. La démarche de G. A. Maugin appliquée à la dynamique permet de façonner la clé pour ouvrir la porte du perspectivisme relationniste de Leibniz (mais ne l'ouvre pas pour voir ce qu'il y a dedans). En effet, si la démarche de Maugin s'ouvre à un perspectivisme indéterminé, elle le détermine par la suite en se donnant des raisons pratiques ou théoriques au travers d'un choix a priori d'un point de vue aux dépens d'autres. Or, la démarche leibnizienne consiste à prendre acte de l'ensemble des potentialités fournies et de leur associer un principe d'ordre multiple capable de générer itérativement une infinité de points de vue dont un nombre restreint révèle des propriétés remarquables pouvant être utiles à la mesure physique.

De par la nécessité d'introduire une logique inclusive spécifique à l'articulation des points de vue les uns aux autres, on peut dire que si Leibniz est derrière nous au regard de l'histoire, il reste devant nous pour sa conception de la logique, comme le note L. Bouquiaux citant Leibniz : « Toutes les logiques que nous avons eues jusqu'ici sont à peine l'ombre de ce que je souhaite et que je vois de loin ». En effet, la logique inclusive qui conduit à une structure arborescente (chaque branche constituant un point du vue) diffère radicalement des logiques exclusives dont chacune ne fournit qu'une tige. Avec ces logiques exclusives, on ne peut pas parler de branche puisqu'une branche suppose l'existence d'un arbre ; et aucune des logiques exclusives qu'utilise la méthode analytique n'est capable de soupçonner l'existence d'une arborescence sous-jacente.

Avant de clore ce résumé étendu, je voudrais insister sur l'importance des preuves d'impossibilité qu'on rencontre dans le cadre de la connaissance scientifique. Impossibilité de transmission de l'information à une vitesse infinie, à la base de l'exclusion de la notion de simultanéité absolue. Impossibilité de prédire le futur d'un système déterministe (sensibilité aux conditions initiales). Impossibilité d'un discours logique cohérent et clos (théorème de Gödel) etc. Là aussi on montre qu'il est impossible d'accéder à une « vraie rationalité » par la méthode analytique usuelle.

A la suite de plusieurs exposés de J. Merker sur le théorème de Gödel, je me suis inspiré de la possibilité de formaliser le discours associé à un cadre théorique donné en formalisant non seulement le langage exprimant le cadre en question (comme c'est le cas usuellement) mais aussi le discours qui fournit différentes interprétations de ce cadre. De telles interprétations avaient donné lieu à une synthèse développée par Lévy-Leblond (en langage commun comme on a l'habitude de le faire lorsqu'un cadre est vaste et peut être abordé de différentes façons). Ce discours sur les différents points de vue est ici formalisé non pas de façon artificielle et superficielle (en exprimant la même chose autrement) mais au travers d'un nouveau principe et d'une méthodologie qui renvoie à un formalisme mathématique discret (distinguant les différents points de vue) et sur lequel on va pouvoir opérer contrairement au discours en langage commun (métalangage) inadapté à la déduction d'une quelconque structure quantitative. C'est grâce à une telle formalisation qu'on peut passer des quelques points de vue qu'on rencontre dans la synthèse de Lévy-Leblond (dont le nombre est par nature fini puisqu'à chaque point de vue est associée une méthodologie spécifique) à une infinité de points de vue associée à une même méthodologie et formalisée au travers d'une loi itérative obtenant ainsi une analyse supérieure à deux niveaux : l'un relève du caractère intrinsèque et nécessaire inhérent à la dynamique en tant que telle et l'autre reflète les aspects extrinsèques (les perspectives multiples et non nécessaires) que le sujet connaissant apporte usuellement au travers de la prise en compte de certaines propriétés remarquables susceptibles de fournir un fondement théorique à la mesure du mouvement (critère d'additivité, rapport spatio-temporel etc.). Ici, à l'opposé de la méthode analytique usuelle, ces propriétés sont déduites d'un principe d'ordre itératif qui n'a pas lieu d'être dans l'un quelconque des modèles dynamiques où le mouvement est donné a priori.

Cette nouveauté radicale – qui remplace la méthode analytique, à un seul étage continu, par une méthode plus élaborée à deux étages : continu et discret – est le prix à payer pour accéder à une « vraie rationalité ». Il est impossible d'atteindre une telle rationalité tant qu'on adopte la méthode analytique usuelle : toute tentative est vaine, de par le principe même de la méthode.

Rappelons qu'il ne s'agit pas ici d'une quelconque spéculation en vue d'un programme de recherche futur mais plutôt d'un cadre bien avancé avec ses différentes démonstrations mathématiques. Pour fixer les idées sur ce qu'on entend ici par preuve d'impossibilité, il suffit de noter que si l'on trouve un moyen d'accéder à la loi fondamentale de la dynamique (lien quantitatif entre les entités qui se conservent : énergie et impulsion) sans avoir besoin de se donner une quelconque définition spécifique du mouvement, il va de soi que toute définition préalable du mouvement devient superflue et amène plus de problèmes qu'elle n'en résout. En particulier, pourquoi telle définition et pas une autre ? Et comme il y a plusieurs points de vue sur le mouvement, quel serait leur nombre etc. En revanche, si l'on accède au cœur de la dynamique avec une définition purement qualitative du mouvement, on peut ensuite bénéficier de l'information obtenue sur la dynamique pour adopter sur celle-ci un principe d'ordre capable de fournir simultanément une multiplicité de perspectives sur le mouvement.

Toutes ces considérations vont renouveler la question de la liberté (au sens de degré de liberté) attachée au développement d'une théorie physique et c'est en se plaçant à ce niveau de généralité, (au-delà du simple problème de la dynamique) qu'on va découvrir l'intérêt de la démarche axiomatique de G. A. Maugin alliant différentes sortes de liberté.

Introduction.

La liberté n'apparaît pas comme un thème dans les études scientifiques ; les analyses sur la liberté et les différentes significations de ce terme sont plutôt développées dans les départements de philosophie, même si cela joue un rôle non négligeable, de façon indirecte, dans la manière de construire une théorie physique.

Il ne s'agit pas ici de l'idée courante chez les libres penseurs et scientifiques affirmant la nécessité de la liberté du chercheur dans ses investigations. Il s'agit de savoir si la notion de liberté est directement attachée à un quelconque principe interne à la science et utile à la construction d'une théorie scientifique. Einstein, par exemple, évoque « la libre création de concepts » pour saisir le réel. Cette forme de « liberté einsteinienne » est à la base des théories axiomatiques qui prennent leur source dans un certain nombre d'hypothèses choisies librement par le sujet connaissant, comme, par exemple, la notion de vitesse (rapport d'une longueur sur une durée) pour exprimer le mouvement d'un mobile. Certes, ces hypothèses ne sont pas introduites arbitrairement et sans raison ; mais la question qui nous intéresse est de savoir si cette raison est suffisante (est-ce que le mouvement se réduit à la vitesse comme on l'a tous appris au travers de la rationalité du formalisme de Lagrange et Hamilton). Sinon, quels sont les autres degrés de liberté possibles et quelle est le type de méthodes à utiliser pour générer ces degrés de liberté ? Apparaît là un autre type de liberté, la « liberté leibnizienne » qui se trouve être fondée sur le principe de raison suffisante largement développé par Leibniz en vue de contrer les attitudes dogmatiques, qui conduisent à dire plus qu'on ne sait. Cette forme de liberté s'ouvre à la multiplicité interdite non seulement par les approches empiriques (fondées sur la mesure), mais aussi par les approches axiomatiques usuelles qui ne font que reprendre les approches empiriques (souvent mal articulées et manquant d'unité) pour leur fournir une certaine rationalité.

Jusqu'à une époque récente (et dans l'enseignement de base), le mouvement se traduit en physique par la vitesse et trouve sa rationalité grâce au formalisme de Lagrange et Hamilton qui, largement affinée se trouve aujourd'hui à la base de la rationalité de la physique dans sa globalité. Il suffit de rappeler l'importance du théorème de Noether pour l'explication de certaines articulations restées dans l'ombre pendant des siècles, et celle des théories de jauge dans l'exploration de la physique moderne. Malgré ces acquis précieux, qui fournissent à la physique une certaine unité et rationalité, les chercheurs sur les fondements de la dynamique (à la base de la physique de par la notion d'énergie qui en constitue l'élément fondamental) ont découvert que derrière la dynamique se cache l'idée de groupe, à laquelle est attaché un paramètre nommé rapidité jouant le rôle que joue usuellement la vitesse lorsque le formalisme de Lagrange et Hamilton est utilisé. Ainsi, le mouvement ne se réduit pas à la vitesse. Au contraire, avec la démarche de C. Comte qui a été le plus loin dans cet approfondissement de la dynamique, c'est la rapidité qui est logiquement première, et ce n'est qu'ultérieurement – après avoir déterminé les lois de la dynamique en fonction de cette rapidité – qu'apparaissent certaines propriétés remarquables d'où découle naturellement la notion usuelle de vitesse. Ce renversement de perspective est d'autant plus intéressant qu'il a la faveur de ceux qui travaillent en mécanique quantique et en physique des hautes énergies : (i) la notion de localisation spatio-temporelle (à la base de la physique classique) se trouve mise à mal et (ii) la notion de vitesse devient inopérante pour les très hautes énergies en raison de sa finitude et de son comportement asymptotique,

rendant impossible la distinction physique (par la mesure) entre la courbe et son asymptote. C'est ainsi qu'une autre rationalité de la dynamique a vu le jour ces dernières décennies. Cette nouvelle rationalité résout non seulement les deux difficultés mentionnées ci-dessus (problème de la localisation spatio-temporelle et celui de la notion de vitesse) mais elle présente d'autres avantages développés plus loin.

A partir du moment où la rationalité usuelle de Lagrange et Hamilton se trouve accompagnée d'une autre forme de rationalité, chacune constituant un point de vue sur le mouvement, la question d'une rationalité supérieure incluant les deux points de vue se pose dans toute son acuité. En effet, si on laisse la porte ouverte à la multiplicité des points de vue sur le mouvement sans chercher une possible intégration de ces perspectives dans une rationalité supérieure, on s'expose au relativisme. Déjà l'idée de rationalité est attaquée par certains qui y voient un principe d'autorité qui n'a pas lieu d'être. Or, les fondateurs de la dynamique moderne semblent donner raison à ces courants de pensées qui n'attendent que la faillite de la pensée rationnelle. Bien entendu, on peut laisser les détracteurs de la rationalité manifester leurs attaques comme ils l'ont toujours fait. Mais cette fois-ci, ils ont des arguments solides en leur faveur (issus de l'intérieur même de la physique), ce qui n'était pas le cas auparavant. Il s'avère que l'accusation de dogmatisme évoquée par les détracteurs de la rationalité se trouve ici justifiée (même si la plupart d'entre eux n'avaient pas les moyens de débusquer le talon d'Achille de la rationalité usuelle de la physique). On ne peut dépasser ces arguments d'autorité qu'en construisant un cadre rationnel intégral et non plus partiel comme ceux associés aux deux rationalités mentionnées ci-dessus.

Il convient donc de distinguer entre les attaques gratuites de la rationalité usuelle et celles qui peuvent être construites sur une base saine et solide, comme ceux pour qui la définition a priori du mouvement reste irrationnelle tant qu'on ne lui a pas fourni une raison d'être qui ne doit pas être empirique ou a priori mais rationnelle (Leibniz, Whitehead...). Certes, une telle affirmation ne fait que détruire ce que le physicien construit patiemment sans proposer une quelconque alternative ; il n'en reste pas moins qu'il y a là une pensée sous-jacente à distinguer des attaques gratuites sans fondement. C'est justement cette pensée exigeante qui critique la rationalité usuelle, mais qui œuvre en même temps à la recherche d'un moyen en vue de son amélioration qui nous semble digne d'intérêt. Cette démarche conduit à l'affaiblissement des hypothèses très restrictives au travers d'un cheminement vers un perspectivisme, à ne pas confondre avec un relativisme « vulgaire ».

Au lieu d'aborder ici le problème à partir d'une réflexion philosophique sur le perspectivisme leibnizien, nous allons montrer qu'il existe en physique (étude des systèmes complexes et couplés) un cadre axiomatique de recherche, celui constitué principalement par G. A. Maugin et qui fournit un germe pour une possible rationalité intégrale. Même si G. A. Maugin n'a pas développé sa démarche en dynamique, son approche fait partie intégrante de la physique et peut fournir des ingrédients et des idées précises alors que les généralités philosophiques sont difficilement formalisables sans intermédiaires.

Dans cet article, nous allons montrer que, dans les milieux complexes tels les milieux électromagnét-thermo-dynamiques déformables, les deux types de liberté « einsteinienne » et « leibnizienne » sont à l'œuvre et coexistent, mais à deux niveaux différents de la structure mathématique sous-jacente. La « liberté einsteinienne » se trouve dans les hypothèses de base

alors que la « liberté leibnizienne » va apparaître seulement au niveau de la manière de combiner les différents effets électro-magnéto-dynamiques. Cette « liberté leibnizienne » n'est pas satisfaite dans la plupart des modèles existants mais seulement dans la démarche axiomatique générale fondée sur des hypothèses aussi faibles que possible (compte tenu des contraintes imposées par le principe d'objectivité). En effet, lorsque ce principe est considéré dans toute sa généralité, il s'avère que malgré les restrictions auxquelles il donne naissance, le résultat final reste ouvert à une multiplicité de solutions possibles dont chacune constitue un point de vue particulier. Ces degrés de liberté sont spécifiques à la complexité, car dans les milieux déformables simples, le principe d'objectivité fournit une solution unique. Ces degrés de liberté seront éliminés dès lors qu'on effectue un choix a priori, correspondant à une configuration adaptée à une mesure spécifique pour l'étude d'une perspective particulière.

Cette souplesse peut-être d'un grand intérêt. Elle permet entre autres choses de décider si deux approches sont vraiment différentes l'une de l'autre, ou s'il s'agit d'une simple différence de perspective attachée à un seul et même cadre sous-jacent. Après avoir cherché à sensibiliser les collègues physiciens de formation empirique, croyant qu'ils sont les seuls à avoir des difficultés avec ce perspectivisme qu'ils ne rencontrent jamais, de par la construction même des approches empiriques, j'ai été confronté au même problème dans un cadre bien différent de celui dans lequel j'effectuais mes recherches initiales. Ce cadre est celui de la dynamique qui constitue l'ossature de la physique et où se posent des questions sur la pertinence des concepts d'espace et de temps en tant que pierres angulaires de la physique moderne, car elles semblent inadaptées à la physique quantique. Nous avons évoqué l'approche de C. Comte qui propose de remplacer la rationalité usuelle associée au formalisme de Lagrange et Hamilton opérant sur la vitesse (mouvement spatio-temporel) par ce qu'il appelle une « vraie rationalité » fondée sur la notion de rapidité et utilisant la théorie des groupes pour sa détermination. A la lumière de mes recherches sur les structures complexes, et fort de l'intelligibilité apportée par une physique qui se fonde d'abord sur des principes avant de faire un quelconque choix de mesure, j'ai pris conscience du fait que, en dépit de son intérêt pour la physique, cette prétendue « vraie rationalité » ne peut pas en être une. Au mieux elle peut constituer la meilleure perspective qu'on peut avoir sur la dynamique. Ici, le « meilleur » renvoie simultanément à une économie maximale de principes ainsi qu'à la simplicité structurelle la plus grande qu'on peut atteindre. Cette rationalité apparaît répondre à ces deux critères comme on le verra plus loin. Néanmoins, pour avoir accès à une « vraie rationalité » il faut se placer au-delà de tout point de vue et il faut que cette rationalité soit véhiculée par une théorie susceptible d'englober les différents points de vue exprimés chacun au travers d'un modèle spécifique, dont la « rationalité usuelle » et ce que Comte appelle la « vraie rationalité ».

L'idée consistant à affirmer la possible existence d'une « vraie rationalité », (impossible à atteindre non seulement par les modèles existants mais par toute modélisation utilisant la méthode analytique à un seul niveau), va être développée en deux temps.

La première partie rappellera ce qu'on entend par la liberté einsteinienne dans son rapport aux rationalités usuelle et émergente avant de passer à la liberté leibnizienne, plus exigeante en raison de son ancrage dans le principe de raison suffisante. On montrera ensuite l'articulation de trois types de liberté rencontrés dans la démarche et les recherches de G. A. Maugin dans les milieux complexes en précisant surtout le lien avec la liberté leibnizienne. Cette dernière est non seulement quasiment inconnue en physique mais elle va être aussi et surtout à la base de la

construction d'une « vraie rationalité » scientifique. On termine cette première partie en soulignant les analogies et différences entre le cadre de la dynamique et celui des systèmes complexes à partir desquels certaines idées vont être transférées pour féconder la méthodologie adaptée à la construction d'une dynamique « vraiment rationnelle ». C'était là le rêve de Leibniz que C. Comte a cru avoir réalisé. Or, même s'il a apporté quelques éléments clés, il y avait encore un saut majeur à effectuer avant l'accès à une telle rationalité (impossible à atteindre par la méthode analytique usuelle en raison de l'a priori qui se trouve à la base de sa construction).

La seconde partie va être consacrée aux outils conceptuels dont on a besoin pour mener à bien la construction de cette rationalité supérieure. Pour cela, il va falloir distinguer clairement entre ce qui se rapporte à la modélisation et ce qui est de l'ordre de la théorisation en précisant la ligne de démarcation entre les deux règnes : modèle et théorie. Après avoir montré que cette ligne de démarcation passe par le principe de raison suffisante conduisant à la nécessité d'introduire une forme qualitative du principe de relativité (susceptible d'englober une multiplicité illimitée de points de vue sur le mouvement) on établit un lien avec la démarche axiomatique de G. A. Maugin. On distinguera la physique théorique de Comte et Lévy-Leblond de la physique-mathématique de Maugin qui sera elle-même distinguée de la physique-philosophique de Leibniz. La première reste limitée à la construction de modèles alors que la seconde ouvre la porte à la théorisation conduisant à un cadre hybride associant la théorisation à la modélisation (théorie-modèle). Cette ouverture est due à l'utilisation implicite du principe de raison suffisante (dans sa version passive). L'accès à une théorie complète nécessaire à l'obtention d'une vraie rationalité (appelée aussi rationalité intégrale) requiert l'activation de la forme passive du principe de raison suffisante qui conduit à un principe d'ordre multiple (principe de plénitude). Il s'avère que le principe de raison suffisante est capable non seulement de montrer la possibilité d'obtenir la loi fondamentale de la dynamique tout en restant compatible avec une infinité de points de vue (forme passive) mais il permet aussi de générer cette infinité de points de vue de façon quantitative et bien déterminée au travers d'un principe d'ordre multiple et itératif (perspectivisme relationniste). C'est là que réside la clôture du système dynamique associée à une logique inclusive qui unifie les quelques points de vue éparpillés en révélant d'autres perspectives et en évitant l'intrusion de toute considération a priori fournie de l'extérieur. Cet évitement de l'a priori, étant un point clé de la démarche, il sera expliqué en détail. Certes, il ne s'agit pas ici de rentrer dans les calculs, mais la conceptualisation sous-jacente est détaillée et le rapport entre le qualitatif et le quantitatif, qui joue un rôle majeur, est souligné et précisé.

PREMIERE PARTIE

Liberté einsteinienne (libre création de concepts) : rationalités usuelle et émergente.

La rationalité usuelle de la physique est bâtie sur le formalisme de Lagrange et Hamilton qui, au travers du théorème de Noether, articule les symétries spatio-temporelles aux lois de conservation. Récemment, et sous l'impulsion de J. M. Lévy-Leblond suivi par C. Comte, une nouvelle rationalité qu'on appelle ici « rationalité émergente » a été développée. Celle-ci met l'accent sur l'idée de conservation et définit le mouvement sans une quelconque référence au mouvement spatio-temporel (la vitesse). Cette nouvelle approche qui insiste sur l'autonomie de la dynamique par rapport à la cinématique est bâtie sur la théorie des groupes. Malgré l'innovation conceptuelle (caractère non spatio-temporel) et méthodologique (les méthodes de la théorie des groupes remplacent celles du formalisme variationnel) de cette approche, elle apparaît dans un cadre a priori – satisfaisant pleinement la liberté einsteinienne associée à un choix libre des concepts – l'originalité correspond à ce que c'est la notion de rapidité – directement articulée à un théorème issu de la théorie des groupes – qui remplace celle de vitesse. Il importe de noter qu'il s'agit de la même réalité physique vue, soit au travers de la notion de vitesse dont la rationalité est assurée par le formalisme de Lagrange et Hamilton soit au travers de la rapidité dont la rationalité est fournie par la théorie des groupes. A la lumière des résultats remarquables obtenus par cette « rationalité émergente » C. Comte a cherché à développer le même genre d'idées en vue d'un meilleur fondement de la mécanique quantique.

Appréciations de la « rationalité émergente » dans son rapport à la « rationalité usuelle »

Lorsqu'on observe de près l'attitude de J. M. Lévy-Leblond et celle de C. Comte face à cette « rationalité émergente » (que Comte appelle « vraie rationalité »), on décèle une différence notable d'interprétation. Pour Lévy-Leblond, il s'agit plutôt de deux rationalités complémentaires ou de deux perspectives différentes sur une même réalité (la dynamique). Pour Comte, le point de vue de la théorie des groupes est supérieur à celui du formalisme de Lagrange et Hamilton. Il donne à cela deux raisons, exprimées en termes de simplicités structurelle et conceptuelle. La simplicité structurelle correspond au fait que la composition des rapidités est additive alors que celle des vitesses ne l'est pas. La simplicité conceptuelle qui se traduit par une économie de pensée montre que la théorie des groupes, dans son application à la dynamique n'a pas besoin d'une entité telle le lagrangien qui n'est pas à proprement parler physique. [Si le lagrangien a la dimension d'une énergie, il ne correspond pas à une entité qui se conserve et n'apparaît pas dans la résolution du problème du choc qui est à la base de la construction de la dynamique ; il s'agit d'une entité théorique intermédiaire dont la seule détermination conduit aux différentes lois de la dynamique]. L'un des acquis de ma démarche englobant les différents modèles existants est de fournir une explication rationnelle relative à la signification du lagrangien en dynamique et, à la place qu'il occupe au sein de la théorie proposée.

De la liberté einsteinienne à la liberté leibnizienne.

La théorie des groupes conduit à une certaine économie de pensée, et n'a pas besoin d'un schéma d'organisation particulier (le principe de moindre action en jeu dans l'approche lagrangienne) selon les termes même de Comte. En dépit des deux différentes sensibilités quant à l'appréciation du rapport entre les deux rationalités « usuelle » et « émergente », Lévy-Leblond et Comte s'accordent sur « la libre création de concepts », attitude initialement adoptée par Einstein. Cette forme de liberté propre au sujet connaissant choisissant entre une perspective ou une autre (ici la vitesse ou la rapidité) présente une contrepartie philosophique, logique et mathématique étudiée par ceux qui s'intéressent au relativisme et plus généralement au perspectivisme dans ses différentes formes. En particulier, il s'avère que tout ce qui se fait en dynamique (socle de la physique) jusqu'à nos jours vérifie d'une part l'attitude einsteinienne face à « la libre création de concepts » et s'insère naturellement dans l'une des variantes du perspectivisme philosophique développée par le mathématicien et philosophe B. Russell qui a écrit avec Whitehead les « Principia Mathematica » (sur les fondements des mathématiques) avant que leurs chemins ne se séparent. Russell adoptera l'attitude einsteinienne et Whitehead favorisera l'attitude leibnizienne quant à sa conception de la liberté. On notera d'ailleurs que Whitehead a effectué un travail considérable en métaphysique après avoir consacré une grande partie de sa vie aux mathématiques. Contrairement à Russell et Einstein qui vivaient à la même époque Whitehead et Leibniz vivaient à des époques différentes ; tous deux s'accordent, comme le note Deleuze, sur l'existence d'un perspectivisme supérieur au perspectivisme de la physique. Cette supériorité doit se manifester au travers de l'existence d'un principe inconnu jusqu'alors en physique et qui est susceptible de fournir une raison d'être aux différentes perspectives usuellement adoptées sur la dynamique.

Malgré leurs différentes analyses quand on entre dans certains détails, Leibniz et plus tard Whitehead savaient que non seulement la métaphysique est une tâche difficile mais qu'elle a plutôt échoué jusqu'à présent dans cette recherche de connexité ultime. Ils savaient aussi que ce n'était pas une raison de réfréner cette disposition si profondément ancrée dans l'esprit humain qui ne peut se satisfaire des succès de la physique et des consolations de la religion.

Afin de ne pas alourdir la présentation, on ne développera pas ici d'autres points de vue comme celui de la vitesse propre (appelée célérité par Lévy-Leblond) défendu principalement par les géomètres et en particulier le physicien Wheeler (s'ajoutant aux deux points de vue déjà discutés (la vitesse et la rapidité)). On peut pour cela se référer au livre pédagogique de Taylor et Wheeler sur l'espace et le temps ainsi qu'à l'article de synthèse de Lévy-Leblond intitulé « speeds ». Cet article développe les différents points de vue qu'on rencontre dans la littérature et qui s'avèrent être au nombre de trois. Au delà de l'intérêt de cette synthèse qui met l'accent sur l'existence d'un certain perspectivisme en physique, cette approche ouvre la porte à tout un ensemble de questionnement. Si Lévy-Leblond s'ouvre à la possibilité d'autres perspectives comme l'indique son travail de synthèse, il reste néanmoins silencieux quant à leur nature, à leur nombre à la manière de les générer a priori ou selon une quelconque méthodologie etc. Il y a d'autres questions plus fondamentales : à partir du moment où l'on interprète la physique (ici la dynamique) en termes de perspectives où la rationalité usuelle de Lagrange et Hamilton se trouve accompagnée par d'autres rationalités possibles, y a-t-il une qui s'impose (comme le pense C. Comte) ou s'agit-il de simples perspectives comme celles qu'on rencontre lorsqu'on projette un

cylindre sur un écran obtenant tantôt un cercle tantôt un rectangle ? Cet exemple est emprunté à Lévy-Leblond dans son explication du perspectivisme physique. Ainsi, si l'on adopte cette attitude perspectiviste on doit reconnaître que la théorie physique est incomplète. D'une part, elle pose un certain nombre de questions auxquelles aucune réponse n'est possible à partir des modèles existants. D'autre part, une perspective n'est que le reflet d'une entité qui a une existence objective et qui précède le point de vue. Or, en dynamique c'est l'inverse qui se produit puisqu'on commence par adopter une perspective a priori avant d'accéder à la détermination de la dynamique. Autrement dit, la relation objective qui lie les entités qui se conservent est déduite après avoir adopté un point de vue spécifique subjectif (dépendant du sujet connaissant) associé au mouvement (perspective spatio-temporelle telle la vitesse ou non spatio-temporelle telle la rapidité). Ce sont ces difficultés qui font que l'adhésion au perspectivisme de Lévy-Leblond reste minoritaire dans la communauté scientifique. Pour accéder à une réelle vision perspectiviste cohérente, il va falloir changer de méthodologie et passer de la liberté einsteinienne (choix a priori) à la liberté leibnizienne (choix conditionné par une nécessité). Cette liberté est à la base du perspectivisme leibnizien développé par Laurence Bouquiaux et dont on décèle des traces dans l'œuvre de certains physicien-mathématiciens comme chez G. A. Maugin.

Pour distinguer les deux types de liberté, celle d'Einstein et Russel d'une part et celle de Leibniz et Whitehead de l'autre, c'est le principe de raison suffisante qui va servir de ligne de démarcation. C'est ainsi que « la libre création de concepts » comme ceux de vitesse ou de rapidité vont violer ce principe de raison suffisante dont l'application ouvre la porte à une dynamique qualitative incluant potentiellement une infinité de degrés de liberté. Afin d'opérer sur du qualitatif et obtenir malgré cela un résultat quantitatif et donc prédictif, nous allons être amené à distinguer entre deux niveaux : celui de « l'essence » et celui des « modalités d'existence ». Cette distinction n'a pas lieu d'être au sein de la méthode analytique et quantitative qui part d'un choix a priori et qui enchaîne les propositions de façon séquentielle sans aucun parallélisme possible. Le perspectivisme supérieur et métaphysique de Leibniz et de Whitehead va devoir expliquer la raison d'être des deux perspectives associées au formalisme lagrangien (vitesse) et à la théorie des groupes (rapidité), tout en proposant d'autres perspectives. Ce perspectivisme est fondé sur l'affirmation de l'existence d'un ordre supérieur, dans une sorte de métaphysique que la démarche scientifique a négligé depuis l'introduction de l'a priori kantien (y compris avec Einstein, Lévy-Leblond et Comte, dont la liberté reste liée à un choix a priori, relatif au sujet connaissant et sans égard à une quelconque nécessité). Le principe de raison suffisante va montrer l'arbitraire et la mutilation qu'entraîne ce libre choix, certes fructueux comme l'attestent les divers travaux physiques, mais sans fondement suffisant en raison de son caractère a priori. Ce « libre choix » est intimement lié à l'exigence de fournir au mouvement une procédure susceptible de le mesurer. Or, le principe de raison suffisante, qui va être attaché à un principe d'ordre, ne tient pas compte d'une quelconque mesure spécifique. Ce principe d'ordre sera utilisé comme moyen pour construire un cadre intégralement rationnel, capable de singulariser un certain nombre de perspectives susceptibles de s'adapter à la mesure de par leurs propriétés remarquables.

Insistons sur le fait que si d'un point de vue philosophique et logique, la question du perspectivisme et de la liberté associée à chaque perspective sont discutées explicitement, ce n'est pas le cas dans le cadre scientifique où ces considérations restent enfouies et ne se révèlent que de façon implicite. Il convient donc de les dégager pour mieux appréhender le réel.

Les types de liberté présentes dans la recherche de G. A. Maugin (systèmes complexes).

Ayant posé le problème dans le cadre des fondements de la dynamique (où la liberté leibnizienne est absente de tous les modèles proposés), nous allons faire un détour par la théorie axiomatique des systèmes complexes (électro-magnéto-thermo-dynamique) où un germe de cette « liberté leibnizienne » apparaît clairement. Cette théorie est due à l'école française de mécanique théorique, où G. A. Maugin a développé (avec ses étudiants et collaborateurs) un cadre axiomatique associé aux systèmes complexes et non linéaires. Sa conception de ce cadre révèle, en plus de la liberté courante (du libre penseur), une liberté einsteinienne (choix libre d'un concept) et une liberté leibnizienne (choix associé à une nécessité s'ouvrant sur un certain perspectivisme). Cette dernière forme de liberté va constituer le germe à partir duquel j'ai entrepris mes recherches en dynamique et c'est grâce à cette forme de liberté que j'ai acquis un esprit critique face à tout dogmatisme qui dit plus qu'il ne sait.

C'est à partir de la démarche de G. A. Maugin (directeur de mes deux thèses de troisième cycle et d'état) que j'ai puisé certains éléments clés à ma démarche interdisciplinaire appliquant des concepts philosophiques (comme le principe de raison suffisante de Leibniz) pour un meilleur fondement de la dynamique. Même si G. A. Maugin n'a pas cherché à expliciter sa conception de la liberté, on peut distinguer à cet égard trois niveaux dans ses travaux. Le premier, général, est propre au libre penseur qui considère qu'une recherche fructueuse requiert, outre la compétence, un esprit libre. Cette attitude est affichée clairement dans sa présentation du laboratoire de modélisation en mécanique qu'il dirige depuis de nombreuses années. Le deuxième niveau correspond à celui adopté par Einstein quant à la « libre création de concepts ». Cet aspect apparaît dans la démarche axiomatique de G. A. Maugin qui se situe dans le prolongement de ses études à Princeton (Université où Einstein a professé) où il avait pour maître à penser le relativiste bien connu Wheeler dont la démarche utilise largement la « liberté einsteinienne ». Quant au troisième niveau, il apparaît dans sa pratique scientifique associée aux systèmes complexes. Cette liberté, propre à la complexité (n'apparaissant pas chez Einstein et Wheeler) est intimement liée à la nécessité d'une articulation entre divers domaines : mécanique (déplacement), électromagnétique (polarisation et magnétisation) avec des effets de conduction (déplacement des charges électroniques) et de diffusion... On peut déceler ici l'influence de l'école française des mathématiques dont G. A. Maugin était imprégné en raison du lien entre ses travaux et ceux de certains mathématiciens comme Lichnerowicz (aussi physicien-mathématicien).

Précision relative à la « liberté leibnizienne » propre aux systèmes complexes.

Pour prendre en compte divers effets linéaires et non linéaires dans les milieux complexes (électro-magnéto-thermo-dynamiques) on commence par spécifier un espace de départ V sur lequel on impose une contrainte qui le réduit à un sous-espace V_{obj} (dit espace objectif). Cette idée d'objectivité renvoie au fait que, lorsqu'on aborde l'étude des efforts internes d'un milieu déformable, ceux-ci ne doivent pas dépendre du mouvement de l'observateur. On dit alors qu'ils sont objectifs. La mise en évidence de ces forces internes objectives se fait en deux temps. On

commence par construire un espace cinématique « objectif » associé au mouvement généralisé, incluant en plus du mouvement (taux de déplacement) mécanique, des taux de déplacements électromagnétiques (taux de polarisation et de magnétisation) ainsi que le mouvement des charges électroniques etc. On introduit ensuite les forces généralisées « objectives » obtenues par dualité aux mouvements généralisés objectifs (par extension de la notion de produit scalaire). Ce qui est remarquable ici, c'est ce passage d'un espace de base formé par les entités mentionnées ci-dessus et leurs variations spatio-temporelles à un espace plus petit où ces quantités se trouvent couplées les unes aux autres en vertu du critère d'objectivité. Ce qu'il convient de souligner c'est que ce passage de l'espace initial au sous-espace final n'est pas unique ; il peut se faire d'une multiplicité de manières dont chacune constitue une perspective spécifique. Ce fait est remarquable car en raison de cette pluralité, on peut concevoir des modèles différents d'un même cadre reflétant chacun des aspects cachés dans les autres.

Ce que montre ce survol c'est que les travaux théoriques de G. A. Maugin reposent sur ces trois sortes de liberté, (i) celle du libre penseur qui n'est pas spécifique à la physique, (ii) la liberté einsteinienne (associée à l'espace initial dans le cas de l'approche des systèmes complexes) et enfin (iii) la liberté leibnizienne où l'on prend en compte la multiplicité des perspectives possibles associées à un seul et même cadre. (Rappelons que dans les systèmes complexes, il s'agit des degrés de liberté fournis par l'application du principe d'objectivité, constitutif de l'essence, dont la forme générale ne conduit pas à une solution unique mais à un ensemble de combinaisons possibles correspondant chacune à une modalité d'existence ou à une perspective particulière).

Analogie et différence entre les structures complexes et la dynamique.

Grâce à la généralité de cette approche dans l'étude rationnelle des systèmes complexes et qui permet de bien distinguer entre les différences « existentielles » ou superficielles (points de vue) et les différences « essentielles » ou profondes (mondes possibles), on peut bénéficier de ces acquis (obtenus dans les milieux complexes) pour les transférer à la dynamique qui, rappelons le, fournit le socle sur lequel repose la physique. Il ne s'agit pas ici d'un transfert direct de méthodes (comme c'est le cas lorsqu'on effectue une analogie entre les lois mécaniques et les circuits électriques par exemple). Rien de tel n'est possible ici tant les structures diffèrent d'un cadre à l'autre. La transposition est seulement conceptuelle et renvoie à la possibilité de faire de la physique en se plaçant d'abord au-delà de toute mesure, la mesure n'apparaissant qu'ultérieurement dans la formalisation. Le fait de vouloir associer directement la physique à la mesure de la façon la plus directe conduit – en restreignant l'approche – à un manque d'intelligibilité et à un défaut de perspectivisme sans justification valable. C'est d'ailleurs le cas pour n'importe quel modèle dynamique, puisque d'abord et avant tout, on cherche à définir le mouvement (de façon spatio-temporelle ou non) définition pour laquelle n'existe pas de justification rationnelle, plus exigeante que toute justification empirique ou a priori.

La leçon que j'ai tiré de ma formation avec G. A. Maugin est l'intérêt de se placer au-delà de la mesure : c'est là que réside l'intelligibilité du perspectivisme scientifique. Dès que la mesure entre en jeu, tout perspectivisme est aboli puisqu'on fixe une perspective spécifique qui ne nous permet plus d'apprécier les autres perspectives possibles. Cette déficience inhérente à la négation

du perspectivisme est la source des controverses et malentendus résultant des différents modèles qui peuvent n'être que des points de vue différents d'un seul et même objet d'étude. Le fait de se placer au-delà de la mesure conduit, en dynamique, à distinguer entre deux niveaux : celui de l'essence (relative aux propriétés de conservation sans lesquelles la dynamique perd son identité) et celui des modalités d'existence (relatives aux perspectives particulières qu'on peut avoir sur la dynamique). Dans le cadre des systèmes complexes, l'essence est exprimée par le principe d'objectivité qui impose une contrainte suffisamment forte pour délimiter le cadre faisant passer de formes absolument arbitraires à une combinatoire bien réglée sans obtenir pour autant une solution unique mais une classe de solutions dont divers choix restent possibles. C'est au niveau de ces choix qu'on va pouvoir obtenir différents modèles dont chacun reflète une perspective correspondant au phénomène physique particulier auquel on s'intéresse.

Ces considérations générales vont pouvoir être prises en compte pour utiliser à l'étude des fondements de la dynamique, moyennant quelques remaniements et adaptations, les idées intégrées dans les structures complexes. En effet, dans le cadre des structures complexes, la liberté einsteinienne et la liberté leibnizienne sont compatibles entre elles puisque la liberté einsteinienne se situe au niveau de l'espace de base (choix a priori : déplacement mécanique, polarisation, déplacement des porteurs de charges etc.) alors que la liberté leibnizienne se situe au niveau du passage de l'espace de départ au sous-espace, appelé aussi espace objectif (divers degrés de liberté sont disponibles et s'articulent à la nécessité physique représentée par l'objectivité).

Dans le cadre de la dynamique, il n'y a plus cette possibilité de coexistence entre les libertés einsteinienne et leibnizienne puisqu'il n'y a plus de complexité ; c'est l'une ou l'autre. Dans toutes les approches existantes, c'est la liberté einsteinienne qui est mise en œuvre. Nous allons donc remplacer ce libre choix a priori par la liberté leibnizienne (rencontrées dans les systèmes complexes, où la mesure n'intervient pas en premier) et l'appliquer au cadre de la dynamique. Ce qui nous oblige à ne plus admettre une quelconque spécification du mouvement, donnée a priori (que l'on se place dans le cadre spatio-temporel comme pour la vitesse ou non spatio-temporel comme pour la rapidité). C'est seulement ainsi qu'on évite de s'enfermer dès le départ dans un point de vue particulier – donné a priori et ne relevant d'aucune nécessité – auquel on ne peut plus échapper puisque toute la méthodologie va découler de ce point de vue. Il va falloir donc examiner la possibilité d'une formulation faible à la Leibniz, qui articule la liberté à la nécessité, de telle sorte que toute spécification du mouvement provenant, sans nécessité, du sujet connaissant devra être abolie. En procédant ainsi, on adopte le principe de raison suffisante comme moyen d'éliminer toute considération « subjective » liée au sujet connaissant, pour ne garder que ce qui est inhérent à la dynamique en tant que telle. Bien entendu, une telle démarche contiendra infiniment plus de degrés de liberté que toute modélisation spécifique. C'est ainsi qu'on peut construire une théorie susceptible d'englober les différents modèles dynamiques existants qui vont apparaître alors comme de simples perspectives d'un même cadre englobant.

SECONDE PARTIE

Double contrainte (modèle) et simple contrainte (théorie).

Afin de bien saisir le passage d'un modèle à une théorie il suffit de rappeler qu'un modèle correspond à une double contrainte : (i) celle qui est nécessaire ou inhérente à la dynamique (les propriétés de conservation sans lesquelles il n'y a simplement plus de dynamique possible) et (ii) celle a priori se rapportant au sujet connaissant (libre création de concepts), qui introduit le mouvement au travers d'une conceptualisation particulière, associée à une méthodologie spécifique. C'est ainsi que le concept de vitesse (choix a priori et non nécessaire) renvoie à la formulation de Lagrange et Hamilton alors que la rapidité (autre choix a priori et non nécessaire) relève de la théorie des groupes. Si le modèle est doublement contraint d'abord par un critère nécessaire ensuite par un critère a priori la théorie quant à elle, n'est contrainte que par l'ordre de la nécessité qui est le but visé ici. Tout a priori viole le principe de raison suffisante et élimine toute possible rationalité intégrale. Bien entendu, comme la contrainte a priori est éliminée une ouverture à des potentialités infinies s'ouvrent alors et c'est grâce à ses potentialités qui se traduisent par une infinité de degrés de liberté que la liberté leibnizienne va remplacer la liberté einsteinienne.

Il reste un point essentiel à mettre en évidence pour accéder au perspectivisme leibnizien. Celui-ci stipule que c'est un principe d'ordre multiple qui va non seulement remplacer la mesure mais la déterminer selon des modalités différentes dont chacune correspond à un point de vue. A partir du moment où l'on a effectivement une infinité de degrés de liberté qui émergent du passage de deux contraintes à une seule, il devient concevable d'ordonner ces degrés de liberté selon un certain principe (qu'il reste à découvrir). Plus précisément, la conception perspectiviste leibnizienne revient à associer au monde de la dynamique un perspectivisme illimité, à la manière d'une ville vue selon différentes perspectives, comme Leibniz le répète à diverses occasions. Cela suppose la connaissance du monde de la dynamique avant celle des points de vue sur ce monde. Pour plus de détails sur le perspectivisme leibnizien, l'analyse fine effectuée par Laurence Bouquiaux à cet égard, est exemplaire et très claire. L'accent est mis sur deux points essentiels : (i) connaissance du monde avant celle des perspectives sur ce monde et (ii) prise en compte d'un principe d'ordre liant les différentes perspectives entre elles. D'un point de vue physique tout cela reste à faire, car jusqu'à nos jours, rien de tel n'est développé en dynamique. Toutes les démarches sont fondées a priori pour ce qui est de l'introduction du mouvement ; elles comportent donc un élément irrationnel à cause de cet a priori imposé par le sujet connaissant, ne relevant d'aucune nécessité inhérente à la dynamique en tant que telle (violation du principe de raison suffisante). Le perspectivisme leibnizien fondé sur le principe de raison suffisante est nécessaire pour l'accès à une démarche vraiment rationnelle ne comportant aucune source d'irrationalité et donc aucun a priori dans la spécification du mouvement. La nouvelle démarche est, par construction, structurellement plus riche que n'importe laquelle des démarches antérieures ; sa mise en œuvre contraste aussi violemment avec les méthodologies usuelles qui définissent d'abord le mouvement, avant d'attacher à cette définition une méthodologie appropriée et obtenir par là les lois de la dynamique. Or, cette restriction n'est plus possible puisqu'elle conduit inéluctablement à un cadre a priori, ce qu'on cherche justement à dépasser. En un mot, le mouvement ne peut plus être donné en premier et spécifié. Cette inversion va nous conduire à

une approche nécessairement qualitative pour ce qui est de la prise en compte du mouvement dans sa relation au principe de relativité.

Forme qualitative du principe de relativité.

Toute la question est de savoir comment utiliser le principe de relativité de façon qualitative, évitant toute fixité quantitative a priori et ouvrant ainsi la voie à une multiplicité illimitée de points de vue sur le mouvement, tout en accédant à un monde dynamique bien déterminé (relation quantitative entre les entités qui se conservent). La réussite de cette étape va être cruciale pour permettre la détermination ultérieure des différentes perspectives, dont la spécification initiale est purement qualitative (multiples paramètres indéterminés). Il s'agit d'une multiplicité conçue initialement comme un ensemble indéterminé représentant de multiples perspectives qui restent à articuler les unes aux autres au travers d'un principe itératif. C'est cette articulation qui va générer une infinité de points de vue. Seuls quelques uns vont révéler des propriétés remarquables grâce auxquelles on sera en mesure de faire émerger les différents modèles dynamiques usuels.

Se pose ici un problème qu'on ne rencontre jamais dans les modèles usuels. Il s'agit du rapport entre le qualitatif (subjectif) lié au mouvement et le quantitatif (objectif) inhérent à la dynamique au travers des propriétés de conservation. Comment accéder quantitativement à la loi fondamentale de la dynamique liant entre elles les entités qui se conservent avant même d'avoir défini le mouvement ? On est là face à une tâche impossible à réaliser par une quelconque méthode analytique où les propositions s'enchaînent les unes aux autres séquentiellement, car dans ce cadre, un seul élément qualitatif suffit pour rendre le résultat final qualitatif. C'est cette impossibilité qui rend nécessaire la distinction entre deux niveaux d'existence : « existence primordiale » et « existence secondaire » qu'on appelle aussi « essence » et « modalités d'existence ». Grâce à une telle distinction, on va pouvoir différencier les considérations quantitatives liées aux propriétés de conservation des propriétés qualitatives associées au mouvement, et qui ne seront déterminées que lors d'une seconde étape. Il est important de noter qu'on fait ici la différence entre la simple existence d'un cadre et les modalités par lesquels ce cadre existe. C'est la simple existence des points de vue sur le mouvement qui va entrer en jeu dans la première étape et suffira à la détermination quantitative de la loi fondamentale de la dynamique qui ne dépend pas de ces perspectives mais qui reflète uniquement l'essence de la dynamique (le monde commun sur lequel va se greffer une multiplicité illimitée de perspectives).

Lien à la démarche axiomatique de G. A. Maugin.

Ce nivellement en deux étages mérite d'être souligné : non seulement il est absent des dynamiques usuelles mais il est aussi absent de la démarche axiomatique de Maugin (que j'ai largement utilisé dans mes travaux) qui reste en un sens compatible avec l'idéal analytique. En effet, si le principe d'objectivité va permettre de fournir toute une classe de perspectives différentes dans une première étape, il n'en reste pas moins qu'à l'étape suivante, toutes les perspectives vont s'évanouir excepté celle qu'on va choisir pour compléter l'approche et la rendre

quantitative. Une restriction subite va transformer la théorisation en une simple modélisation. Lorsque j'avais présenté ces aspects aux physiciens, je ne pouvais pas court-circuiter l'une des questions qu'ils se posent. A quoi servent toute cette gymnastique et ce découpage en deux étapes si au milieu du parcours on passe à un cadre à un seul niveau comme pour toute modélisation usuelle ? Bien entendu, cette question ne se pose pas dans le cadre leibnizien de la dynamique (à deux niveaux) qui ne se réduit jamais à une modélisation restant au niveau de la théorie jusqu'au bout, jusqu'au but final. On a en dynamique non seulement deux étapes consécutives mais aussi deux niveaux que la démarche axiomatique de Maugin réduit à un seul à un certain moment du développement de l'approche. Malgré cette réduction, cette approche axiomatique reste plus intéressante que les modèles usuels en raison de l'intelligibilité supérieure qu'elle fournit. En un mot, la démarche de Maugin évite le dogmatisme (qui dit plus qu'il ne sait) grâce au principe de raison suffisante même si elle reste passive en quelque sorte, alors que la démarche dynamique de Leibniz cherche à compléter cette passivité par une activité mettant en place un principe de plénitude absent des systèmes complexes – et bien entendu de n'importe quel modèle dynamique puisque, par construction, ces modèles ne connaissent même pas la forme passive du principe de raison suffisante pour que celle-ci puisse éventuellement être activée.

Aux questions posées sur l'intérêt de ma démarche dans les systèmes complexes (liée à celle de Maugin) par rapport aux simples modélisations usuelles, ma réponse était la suivante : « *si vous m'amenez deux modèles différents à départager, avec l'idée que si l'un est bon l'autre est forcément mauvais, votre question est viciée dès le départ. Grâce justement à la démarche axiomatique (telle que Maugin la conçoit), je peux dire si effectivement l'un des modèles est admissible et l'autre pas, ou encore si les deux modèles sont admissibles même si le premier révèle certaines propriétés et le second en révèle d'autres* ». Cette dernière configuration ne fait pas partie du dictionnaire du modélisateur usuel, dont la démarche ne lui permet aucun perspectivisme et dont le raisonnement reste enfermé exclusivement dans l'opposition simple : si un modèle est vrai un autre différent est nécessairement faux. Ainsi, ce type d'approches permet d'éviter un certain désordre épistémologique inhérent à l'empirisme et à la modélisation qui lui est directement attachée.

Tout ce que j'ai appris (avec Maugin) sur cette question de perspectivisme m'a été d'une grande utilité même si en dynamique le but est de construire une théorie et de la poursuivre jusqu'au bout sans qu'à aucun moment on effectue un postulat a priori. Si je n'étais pas imprégné par la formation que j'avais reçue avec Maugin et qui constitue la première étape de ma démarche en dynamique il n'aurait pas été possible d'accéder au niveau ultérieur (supérieur) où la forme passive du principe de raison suffisante se trouve activée, permettant de poursuivre la théorie jusqu'au bout (grâce à un principe d'ordre qui vient adjoindre à la méthode à un seul point de vue une méthode à multiples points de vue exprimée de façon quantitative). C'est cette quantification de la multiplicité des points de vue qui conduit aux structures arborescentes bien identifiées, absentes des points de vue ou modèles usuels et permettant leur inclusion sur chacune des branches de l'arbre leibnizien.

De la physique théorique (Comte et Lévy Leblond) à la physique-philosophique (Bouquiaux et Leibniz) en passant par la physique-mathématique (Maugin).

Si ma formation en physique-mathématiques m'a permis une telle ouverture, j'ai dû la compléter grâce à des considérations philosophiques relatives au perspectivisme leibnizien. En particulier, le travail de synthèse effectué par Laurence Bouquiaux sur le perspectivisme leibnizien permet de distinguer clairement celui-ci du perspectivisme physique développé par Lévy-Leblond en dynamique. Le perspectivisme leibnizien est supérieur au perspectivisme physique : il est capable de l'expliquer et de fournir sa raison d'être.

Pour expliciter le passage de la construction d'un modèle à celle d'une théorie en passant par la construction hybride théorie-modèle de Maugin où l'on commence par une théorie et on finit dans un modèle, soulignons qu'un modèle dynamique place non seulement l'ordre de l'essence (principe de relativité) et celui des modalités d'existence (différents points de vue sur le mouvement) sur un seul niveau mais une seule modalité d'existence est spécifiée précédant l'essence en la déterminant au travers d'une méthodologie spécifique. Une théorie-modèle comme celle de Maugin [associée aux systèmes complexes] place l'essence (principe d'objectivité) avant les modalités d'existence (différents points de vue sur les interactions) ce qui amène la théorisation distinguant une multiplicité de points de vue. Dans une seconde étape, un choix a priori fixe un point de vue unique conduisant à la modélisation. Une théorie de type leibnizien partage avec la démarche de Maugin la première étape sans pour autant se réduire ultérieurement à un seul point de vue, évitant ainsi (même dans un second temps) tout choix a priori et obtenant une théorie ne se réduisant pas à un simple modèle. Nous allons en montrer la démarche.

Comment éviter l'a priori sur le mouvement ?

L'a priori est évité par une application du principe de relativité faite de la manière la plus générale, sans spécifier le mouvement. Cette généralité conduit à un système d'équations couplées (à gauche de l'égalité le principe de relativité apparaît dans sa dimension qualitative possédant une infinité de potentialités dont chacune correspond à un point de vue à déterminer et à droite de cette égalité se manifeste la multiplicité quantitative des dynamiques possibles compatibles avec les contraintes imposées par les propriétés de conservations). Si ce système d'équations qualitatif (au regard de la multiplicité des points de vue) et quantitatif (au regard des dynamiques ou mondes possibles) comporte une infinité de solutions, une seule va correspondre à une forme découplée. C'est cette forme qui va constituer le point de vue de référence et fournira le premier terme d'une suite récurrente de fonctions. Dès lors qu'on a pu obtenir l'essence de la dynamique avant même de spécifier une quelconque modalité d'existence, on bénéficie de la forme particulière de cette essence combinée à la solution découplée pour former une suite récurrente qui va déterminer l'ensemble infini des points de vue. Tout se fait de façon interne en relation directe avec la structure de la dynamique et sans qu'on impose de l'extérieur une quelconque forme a priori (qui fige la structure, transformant ainsi la théorie en un simple modèle).

Si la logique interne de cette démarche est irréprochable et l'ouverture à l'infinité de degrés de liberté est nécessaire (pour l'utilisation d'un principe d'ordre itératif), il n'en reste pas moins qu'il va falloir trouver un moyen pour accéder à la loi fondamentale de la dynamique en se plaçant au-delà de toute perspective particulière. C'est là que se situe la différence majeure entre la théorie et le modèle (aussi entre la théorie et la forme hybride théorie-modèle). Ceci ne peut être rendu possible que si l'on adopte une méthodologie permettant de filtrer l'essence des modalités d'existence et obtenir ainsi une loi quantitative. C'est seulement après l'obtention de cette loi fondamentale qu'on sera en mesure de bénéficier de sa forme quantitative pour établir un principe d'ordre permettant de faire voir la dynamique selon différentes échelles ou perspectives.

Passage par la philosophie : Le travail que j'avais effectué avec G. A. Maugin sur les systèmes complexes et les multiples comparaisons que j'avais établies avec des modèles différents fondés sur des méthodologies diverses et variées (formalisme de Lagrange et Hamilton, méthode newtonienne, principe de d'Alembert sans évoquer les démarches empiriques) m'avaient facilité la tâche pour une meilleure saisie de la dynamique, même si à l'époque mes connaissances de cette science fondamentale à la physique étaient rudimentaires. Avec le recul, et après m'être plongé dans l'étude de l'histoire de cette dynamique (et des questions philosophiques qu'elle pouvait soulever par les absolutistes, les relativistes, les relationnistes, les perspectivistes etc. puisque rien n'était encore fixé à l'époque), j'ai découvert que le perspectivisme et particulièrement celui de Leibniz correspond à certains égards au perspectivisme physique tel que le présente Lévy-Leblond, avec des nuances qui m'ont apparu significatives et qui méritaient d'être mises en évidence en vertu de l'exigence imposée par le principe de raison suffisante – que la physique n'a jamais voulu prendre en considération. En effet, si la physique prenait en compte ce principe, elle aurait probablement subi le sort qu'a subi la philosophie lorsqu'elle cherchait la maîtrise du réel en suivant une logique irréprochable et s'arrêtant le temps qu'il faut à chaque difficulté. Si pour savoir marcher il fallait d'abord connaître les lois de l'équilibre et du déséquilibre maîtrisé, nous serions encore tous en train de ramper.

Intelligences : individuelle et collective

Le principe de raison suffisante est d'une telle exigence qu'il apparaît improbable de mettre en œuvre avant d'avoir commencé par dégager des modèles simples et à la portée de l'esprit humain (trop limité pour être d'emblée à la hauteur des exigences de ce principe). Ceci ne veut pas dire que le principe en tant que tel est intrinsèquement déficient. La déficience n'est pas de principe, elle est associée à la limitation de notre intelligence ou des capacités de notre cerveau. En effet, le respect du principe de raison suffisante requiert une capacité de traitement de l'information bien plus importante que celles du cerveau humain. Or, si ce puissant cerveau et cette intelligence supérieure manquent à l'échelle individuelle, elle se constitue petit à petit à mesure que la science progresse par paliers successifs. Il arrive un moment où les informations obtenues durant des siècles se trouvent multipliées et éparpillées dans un cadre dont la cohérence interne requiert la mise en place d'un certain ordre. C'est alors que le principe de raison suffisante peut devenir significatif au sein d'un contexte manquant d'unité, mais néanmoins bien déterminé. Cet être bien déterminé correspond à la physique (ici la dynamique) et non plus au cadre général de la philosophie traitant de l'être en tant qu'être. En bref, c'est lorsque l'être de la dynamique est bien identifié et que les différentes perspectives sont éparpillées conduisant à un désordre

épistémologique que le principe de raison suffisante peut prendre toute sa valeur, apparaissant alors comme une nécessité : sans la prise en compte de ce principe, la physique apparaît comme un ensemble de recettes dépourvues de toute unité. Plus précisément, et dans le cadre de la dynamique, on a d'abord décrit le mouvement par la vitesse avant d'adopter de nouveaux points de vue, en raison du développement de la dynamique s'appliquant à des énergies de plus en plus hautes. Aujourd'hui, les multiples modèles se côtoient et il n'y a pas moyen de les départager, non seulement dans les faits mais dans le principe même de la démarche analytique inadaptée : il convient de placer la dynamique dans un cadre plus vaste qui l'englobe. C'est le prix à payer si l'on veut éviter le désordre épistémologique et la boue sémantique qui l'accompagne. Bien sûr, chacun défend sa position à partir du modèle qu'il connaît et chaque position, étant partielle, renvoie à sa sémantique propre, il n'apparaît donc aucun moyen de parvenir à un accord. Le seul moyen rationnel consiste à se placer dans un cadre supérieur capable de montrer et les avantages de chaque point de vue et ses inconvénients. C'est cette leçon que j'ai retenue lors de mes recherches avec G. A. Maugin sur les systèmes complexes, et plus tard en m'intéressant au perspectivisme développé en philosophie particulièrement le perspectivisme leibnizien tel qu'il est présenté par L. Bouquiaux. Ceci conduit à la construction d'une dynamique au sein de laquelle l'inclusion d'une multiplicité de points de vue constitue un élément essentiel. Il faut donc développer un cadre compatible avec une certaine logique inclusive susceptible d'englober l'ensemble des modèles, ce qui va donner lieu à une structure arborescente où chaque branche ne représente qu'un point de vue.

Importance des coïncidences et recherche d'ordre au sein de propositions antagonistes.

Les coïncidences constructives sans lesquelles certaines combinaisons d'idées ne se font pas sont capitales. Il faut admettre qu'il y a dans la vie certains moments essentiels où des choses se nouent et déterminent toute la suite. Si je n'avais pas assisté à l'exposé de C. Comte sur la dynamique « vraiment » rationnelle (selon ses propres termes) avec les remarques pertinentes de J. Merker à ce sujet, je ne me serais pas intéressé à ce cadre de la physique, étranger à ma problématique initiale (relative aux systèmes complexes). Ce sujet m'a captivé parce que j'ai pressenti que dans le discours de C. Comte, axé simultanément sur la mesure et sur le principe de relativité, il y a une différence conceptuelle significative avec les acquis de ma formation (avec Maugin) qui mettait d'abord l'accent sur les principes avant le choix d'une quelconque mesure spécifique. Il y a là une contradiction entre les deux démarches se voulant toutes deux fondatrices d'une certaine rationalité scientifique.

Pour que les idées sous-jacentes à mes travaux dans les systèmes complexes puissent être transposées à la dynamique, je devais pouvoir montrer que malgré les divers intérêts de la démarche de C. Comte, celle-ci ne peut pas fournir, comme il l'affirme, une « vraie rationalité ». Certes, cette approche constitue une réelle avancée et un fondement meilleur de la dynamique, mais ce « meilleur » ne se rapporte pas au monde de la dynamique en tant que tel mais seulement au choix d'un point de vue sur ce monde. Or, le meilleur point de vue reste un point de vue, alors qu'une « vraie rationalité » doit se rapporter à quelque chose d'intrinsèque qui transcende tout point de vue. De plus, Lévy-Leblond cité par C. Comte avait bien montré que chaque point de vue avait ses avantages et ses inconvénients, de telle sorte qu'aucun point de vue quelque soit sa pertinence ne peut s'arroger à lui seul le statut de « vraie rationalité ». Lorsqu'on approfondit la

question, on s'aperçoit que si la démarche de Lévy-Leblond a raison d'interdire de parler de « vraie rationalité » en multipliant les rationalités obtenues par divers formalismes (formulation de Lagrange et Hamilton, théorie des groupes, méthode géométrique etc.), cet interdit conduit inéluctablement à un certain relativisme et à une sorte de négation de la rationalité. Que l'on adopte la position absolue de C. Comte ou relative de J. M. Lévy-Leblond on reste sans réponse satisfaisante : le premier place la rationalité au mauvais endroit ; le second nie son unité et la trouve éparpillée dans différents cadres mathématiques dont chacun reflète un point de vue. Ce sont ces difficultés qui conduisent à penser que la réflexion sur les fondements de la dynamique n'est pas satisfaisante et que s'il existe une « vraie rationalité » comme l'affirme Comte, il faut la chercher en dehors de tout point de vue spécifique. Elle doit transcender les points de vue et les faire apparaître comme de simples perspectives partielles issues d'une unité globale.

Perspectivisme et monades : monades simples, monade dominante et Monade des monades.

Ma compréhension de la rationalité usuelle de la physique correspondant à ma formation (formulation de Lagrange et Hamilton avec ses acquis majeurs tels le théorème de Noether et la théorie de jauge attachés à cette rationalité) interdisait de renvoyer tous ces acquis au second plan au profit de la rationalité émergente et nouvelle proposée par C. Comte. S'il existe une vraie rationalité, elle doit placer les deux rationalités usuelle et émergente sur un même niveau, celui des modalités d'existence ou des points de vue, au sein duquel il peut y avoir une certaine hiérarchie : la rationalité émergente pourra occuper la meilleure place correspondant à la perspective dominante. Quant à la vraie rationalité, elle doit être associée à une perspective supérieure situé au-delà de toute mesure particulière : la Perspective des perspectives. C'est là qu'on va rencontrer le perspectivisme de Leibniz appelant chaque perspective une monade et distinguant entre la Monade des monades qui correspond ici à la Perspective des perspectives et la monade dominante qui sera la perspective dominante. Si cette logique leibnizienne (dont le perspectivisme est présenté clairement par L. Bouquiaux) est fondé sur le principe de raison suffisante n'a pas fonctionné dès le début du développement scientifique, c'est parce que la mise en place des différents aspects était trop complexe pour saisir à la fois la logique générale – qui a sa propre cohérence interne – et toutes les subtilités et points particuliers dont seule la physique a le secret et qui ne sont pas faciles à mettre en œuvre : plusieurs siècles se sont écoulés avant que les différentes pièces du puzzle puissent être réunies.

C'est en prenant conscience de l'existence autonome du perspectivisme en philosophie, avec ses nuances et subtilités que la physique ne prend pas en compte, que j'ai pu stabiliser ma démarche et lui donner une direction bien précise ; car d'un point de vue purement formel et sans égard à une logique bien réglée on peut avoir la même structure en partant de différents points. C'est ce que j'ai fait ultérieurement pour rendre ma démarche plus solide et plus cohérente, mettant l'accent sur les aspects conceptuels et métaphoriques qui mènent au sens, contrairement au pur formalisme qui reste silencieux si l'on ne prend pas la peine de l'interpréter correctement et avec rigueur.

[A cet égard, il n'est pas inutile de rappeler que la structure mathématique de la dynamique relativiste fut d'abord élaborée par Lorentz et Poincaré avant l'intervention d'Einstein. Cependant, le mérite d'Einstein est d'avoir fourni la bonne interprétation. Croire qu'il y a des

forces effectives qui entrent en jeu pour les effets de contraction et de dilatations relativistes spécifiques à la structure de l'espace et du temps au lieu de les interpréter comme de simples perspectives, peut induire en erreur. On peut ainsi proposer un programme de recherche avec de beaux calculs et de belles propriétés alors qu'il n'y a derrière tout cela, aucune réalité physique. Ce risque est présent dans tout domaine où des innovations radicales sont apportées d'où la vigilance de la communauté scientifique face à toute prétention d'une quelconque innovation qui se veut radicale par rapport à ce qui existe déjà et qui a fait ses preuves].

De la même manière que le passage de l'espace initial aux différents sous-espaces contraints par le principe d'objectivité ne permet pas de donner lieu à un cadre physique totalement déterminé, le passage de l'ensemble des possibilités initiales aux possibilités contraintes par le principe de relativité ne conduira pas à un cadre physique bien déterminé. Dans un cas comme dans l'autre, on est dans le cadre d'une formulation faible, où l'on n'a pas encore fixé un quelconque point de vue. Il convient d'insister sur le fait que malgré cette incomplétude, l'essentiel est là. On peut dire que le monde dans lequel on est plongé est déjà identifié, il ne reste qu'à préciser le point de vue et la perspective qu'on veut mettre en lumière. Comme le note G. A. Maugin à la page 11 de son article : « à chaque choix adéquat de l'espace objectif dépend un type de phénomènes ou interactions qu'on cherche à mettre en évidence » (ma traduction). On notera que c'est là que s'arrête l'analogie car, dans le cadre des systèmes complexes, lorsqu'il s'agit de faire un choix, il se fait de façon unique et a priori en adoptant des critères théoriques ou expérimentaux, mais toujours externe à l'approche en tant que telle. Certes, le choix peut se faire de la même manière en dynamique mais adopter le perspectivisme leibnizien consiste à aller plus loin et considérer un principe d'ordre (ou principe de plénitude) susceptible de révéler la multiplicité infinie des points de vue dont chacun apporte un regard à une échelle spécifique.

En résumé, la conception qui ressort de la démarche de Maugin quant à son rapport à la liberté présente deux facettes, l'une est ancrée dans la liberté einsteinienne (s'agissant d'un choix libre et a priori) et l'autre dans la liberté leibnizienne (choix multiple articulé à la nécessité physique). Cette nécessité physique correspond au principe d'objectivité dans les systèmes complexes, et au principe de relativité en dynamique. Dans un cas comme dans l'autre on est conduit à de multiples degrés de liberté tous physiquement admissibles. Ces distinctions sont importantes car contrairement à ce qui apparaît dans le discours habituel de la physique distinguant un modèle axiomatique du modèle empirique, on a ici une théorie qui ne devient modèle que lorsque l'une des perspectives est fixée. Or, l'intelligibilité se situe au niveau de la théorie et pas du modèle comme on l'a déjà montré en comparant deux modèles d'une même réalité. Faute d'une théorie englobant différents modèles on ne peut savoir s'il s'agit d'une réelle différence ou d'un simple effet de perspective. C'est cette forme d'intelligibilité qui est fournie par le cadre théorique proposé par Maugin.

En dynamique, beaucoup de controverses sont liées au mode d'approche qu'on effectue sans avoir un cadre englobant distinguant la théorie du modèle : chacun campe dès lors sur ses positions. A titre d'exemple on peut questionner le statut de $E = Mc^2$ et le rôle que joue cette forme dans chacun des modèles adoptés. Or, pour clarifier la situation, il convient de construire une théorie qui englobe les différents modèles et voir où se situe la place de $E = Mc^2$ dans une telle théorie. C'est là seulement qu'on peut affaiblir les controverses et les malentendus car on n'est plus enfermé dans sa propre méthodologie mais on dispose de celle qu'impose le cadre

physique lui-même. Le principe de relativité a été développé sous différentes formes quantitatives, dont chacune est associée à une modalité de mesure pour ce qui est du mouvement. Or, si l'on admet que chaque définition quantitative du mouvement fournit un point de vue et cache d'autres, il devient intéressant de chercher à se placer en dehors de toute perspective particulière, en quelque sorte subjective (puisqu'elle dépend du choix du sujet connaissant). C'est en ce sens que la dynamique leibnizienne révèle une dimension trans-subjective allant au-delà de toute subjectivité. C'est là qu'on voit la structure de la dynamique dans sa dimension essentielle en dehors de toute considération non nécessaire qui violerait le principe de raison suffisante.

Cette dimension trans-subjective est aussi entrevue au sein de la démarche de Maugin même si elle n'est pas mise en avant et utilisée ultérieurement et positivement pour constituer un relationnisme intersubjectif où les différents points de vue se trouvent reliés les uns aux autres au travers d'un principe d'ordre multiple qui permet cette intersubjectivité.. C'est d'ailleurs à ce niveau qu'apparaît la distinction entre la théorie-modèle de Maugin et la théorie de Leibniz qui ne se réduit à aucun moment à un modèle. Dans le cadre leibnizien, l'objectivité apparaît d'abord comme une trans-subjectivité (au sens donné à ce terme ci-dessus) avant d'apparaître comme une intersubjectivité. Ces deux dénominations n'ont aucune place au sein de la méthode analytique usuelle à cause de l'a priori attaché, dès le départ, au mouvement et qui interdit toute trans-subjectivité et a fortiori toute intersubjectivité conçue justement à partir de la trans-subjectivité.

ANNEXE

De l'intérêt de la confrontation entre deux cadres scientifiques différents.

Si j'ai été particulièrement sensible à la question du perspectivisme rencontré dans mes travaux effectués sous la direction de G. A. Maugin, c'est pour diverses raisons (subjectives et objectives). La principale, qui relève de la pratique scientifique, est la suivante : lorsque je suis passé du laboratoire de mécanique théorique au laboratoire de physique et métrologie des oscillateurs (physique expérimentale), j'ai cherché avant tout à bénéficier de la nouvelle structure afin de m'initier à l'état d'esprit des expérimentateurs. Inutile de dire que l'effet de groupe fait en sorte que dans un cadre comme dans l'autre, chaque groupe affine ses arguments pour se rassurer sur la pertinence de ses recherches. C'est ainsi que je me suis rendu compte du piège qu'on se fabrique lorsqu'on ne s'ouvre pas à ce que l'autre a d'intrinsèquement intéressant. En particulier, j'ai découvert une absence de perspectivisme dans l'enseignement de la physique qui enferme les étudiants et plus tard les physiciens professionnels dans une perspective strictement pragmatique où l'existence physique se réduit à la mesure. J'ai été confronté à un monde de physiciens pour qui la vérité d'une approche est unique et où se pose inévitablement la question : laquelle de deux méthodes reflète la réalité ? L'idée qui consiste à concevoir deux approches différentes d'une même réalité conduisant à deux formes différentes semblait difficile à admettre. Bien entendu, qu'il y ait deux approches différentes n'est pas en soi étranger au physicien, mais c'est le fait qu'on n'obtient pas les mêmes formes qui semble poser problème.

Je tiens à insister sur le fait que cette difficulté n'est en aucune façon une spécificité du laboratoire expérimental dans lequel j'étais : il s'agit d'une attitude générale des physiciens (expérimentateurs et théoriciens) qui fondent leurs approches sur la mesure. Le théoricien qui

attache la rationalité de la physique au seul formalisme de Lagrange et Hamilton et celui qui cherche à le remplacer par un autre point de vue relèvent de la même approche logique (exclusive). Lorsque j'étais face aux différents modèles empiriques développés ou utilisés par mes collègues expérimentateurs, il fallait que j'insiste lourdement sur cet aspect perspectiviste. Les modèles empiriques étant, de par leur construction, directement liés aux entités mesurables, ne permettent aucun recul et aucune intelligibilité contrairement à l'approche générale qui met en évidence les divers degrés de liberté, en ne se hâtant pas à imposer des contraintes non nécessaires. Il y a là un rapport étroit entre la nécessité et la liberté qui mérite d'être médité par les physiciens. En distinguant entre les contraintes nécessaires à la constitution d'un cadre physique (exprimées ici par le principe d'objectivité) et les contraintes facultatives associées aux aspects qu'on voudrait examiner, on établit une scission entre l'ordre de l'essence et celui des modalités d'existence, qui sont multiples mais qui renvoient au même cadre.

Beaucoup de controverses entre des modèles empiriques peuvent avoir lieu en raison du manque de prise de conscience de ces distinctions. A cela s'ajoute le fait que, pour différentes raisons théoriques et pratiques, dans ce cadre des systèmes complexes non linéaires, l'expérience est loin d'être décisive. En particulier, les coefficients attachés aux non linéarités sont parfois inconnus ; et lorsqu'ils sont connus, leur mesure peut différer sensiblement d'un auteur à un autre ou d'une méthode de mesure par rapport à une autre.

Il y a donc un double problème dans ce cadre de recherches. Tout d'abord, la non-fiabilité des mesures attachées aux coefficients non linéaires ; et aussi apparaît le fait que lorsqu'on est en face à deux modèles empiriques différents, on ne voit pas s'il s'agit d'une différence intrinsèque (tel modèle est physiquement admissible contrairement à tel autre parce qu'il ne respecte pas le principe d'objectivité par exemple) ou d'une simple différence extrinsèque (les deux modèles sont physiquement admissibles, respectant l'objectivité, mais le premier révèle certains aspects et le second en révèle d'autres). Il est clair que dès lors qu'on entre dans le cadre des systèmes complexes, la seule méthode fiable est celle qui identifie les principes de base et s'y tient sans quoi on fait n'importe quoi, même si on a parfois l'heureuse surprise que certains modèles collent à l'expérience. Rien n'est plus néfaste à la science que la confusion entre un fait accidentel et un fait essentiel, et la mesure peut justement conduire à de telles méprises. L'exemple le plus fameux est celui où l'on a failli condamner le principe de conservation de l'énergie (dans la première moitié du 20^{ième} siècle) sous prétexte qu'il ne collait pas aux mesures expérimentales effectuées, avant de découvrir qu'il manquait à la physique de l'époque une particule inconnue découverte précisément grâce à la confiance qu'on a mis dans l'idée de conservation. Cet exemple souligne l'importance de ne pas rejeter certains principes de base de la physique dès la première secousse.

Bibliographie

G. A. Maugin, « The Method of Virtual Power in Continuum Mechanics. Application to coupled fields », *Acta Mechanica*, 35, 1-70 (1980).

L. Bouquiaux, La notion de point de vue dans l'élaboration de la métaphysique leibnizienne (pp. 23-54). Ouvrage collectif, *Perspective, Leibniz, Whitehead, Deleuze*. Librairie philosophique J. Vrin, Paris (2006).

J.M. Lévy-Leblond, Speed(s) Am. J. Phys. 48(5), May 1980. E.F. Taylor et J.A. Wheeler, A la découverte de l'espace-temps et de la physique relativiste. Traduit par C. Roux, Dunod, Paris 1970

C. Comte, Langevin et la dynamique relativiste. In Epistémologiques, V 01.2, 1-2, EDP Sciences, Paris, 2002. et C. Comte, Leibniz aurait-il pu découvrir la relativité ? Eur.J. Phys.(1986) 225–235.

C. Comte, « Sur quels principes peut-on édifier une mécanique vraiment rationnelle ? » (exposé délivré dans le cadre du séminaire du groupe « Epiphymaths » de l'université de Franche Comté à Besançon).

E.F. Taylor et J.A. Wheeler, A la découverte de l'espace-temps et de la physique relativiste. Traduit par C. Roux, Dunod, Paris 1970.

