

nécessaire référence à un système de coordonnées si l'on veut décrire un système matériel quel qu'il soit. Or le choix d'un système d'axes de coordonnées est subjectif, et la relativité d'une description par rapport à un choix subjectif peut mettre en cause la quête d'objectivité inhérente à toute démarche scientifique. La symétrie, tout au moins lorsqu'elle est comprise comme une invariance, représente le dépassement dialectique de la contradiction relatif/objectif : est objectif ce qui est indépendant du choix du référentiel, ou plus précisément ce qui est *invariant par changement de référentiel*. Dans la formulation lagrangienne<sup>20</sup> de la mécanique rationnelle, cette articulation est mathématiquement prise en compte par l'intermédiaire du théorème d'Emmy Nøther qui stipule qu'à chaque propriété de relativité sont associées d'une part une loi d'invariance par une certaine transformation et d'autre part une loi de conservation d'une certaine quantité. Ainsi, la loi si fondamentale de conservation de l'énergie pour un système isolé sans interactions avec le reste de l'univers résulte-t-elle, au travers de ce théorème, de la relativité de l'origine du temps (le choix de l'origine du temps est subjectif et arbitraire, la physique ne devrait pas dépendre de ce choix), qui est équivalente à l'invariance par translation dans le temps. Mathématiquement, la relativité de l'origine du temps s'exprime par le fait que le lagrangien (qui est la fonction à partir de laquelle il est possible de dériver les équations du mouvement du système considéré) ne dépend pas explicitement du temps ; il n'en dépend qu'implicitement par l'intermédiaire des positions dans l'espace (qui peuvent varier dans le temps) des parties constituant le système (ce que l'on appelle ses degrés de liberté.) Physiquement, l'invariance par translation dans le temps, qui est équivalente à la conservation de l'énergie, se traduit dans le fait que si, toutes choses égales par ailleurs, on fait une même expérience à deux moments différents, on doit obtenir le même résultat.

Il est donc possible d'attribuer une certaine objectivité à l'énergie d'un système isolé. De la même façon la conservation de l'impulsion ou quantité de mouvement (le principe qui est à la base du fonctionnement des avions à réaction) est

20. On trouvera une présentation assez détaillée de cette formulation dans G. Cohen-Tannoudji et M. Spiro, *La Matière-Espace-Temps - La logique des particules élémentaires*, Fayard, Paris 1986, p.103-110.

liée à la relativité de l'origine de l'espace et à l'invariance par translation dans l'espace ; la conservation du moment cinétique ou moment angulaire, à la relativité de l'orientation angulaire et à l'invariance par rotation. Tout comme la formulation lagrangienne dont il exprime le contenu essentiel, ce théorème de Nøther a été adapté et généralisé au fur et à mesure que se dessinaient de nouveaux horizons de réalité, celui de la relativité, restreinte puis générale, celui de la mécanique quantique, puis celui de la théorie quantique des champs qui réalise le mariage de la relativité restreinte et de la mécanique quantique. Tant et si bien que de Galilée et Newton aux recherches de pointes les plus actuelles en vue de l'unification de toutes les interactions fondamentales, la symétrie a fourni un principe directeur à l'ensemble de la physique. Les symétries se sont généralisées ; les structures mathématiques des transformations de symétries se sont étendues (groupes, semi-groupes, homéomorphismes, principes variationnels, isomorphismes, symétries symboliques, symétries statistiques)<sup>21</sup>.

Les grandes avancées de la physique du XX<sup>e</sup> siècle ont été favorisées par la compréhension du rôle dynamique des symétries. Ainsi la nouvelle théorie de la gravitation qu'a établie Einstein résulte-t-elle de la relativité générale : l'invariance par changement général de référentiel spatio-temporel. La théorie de la relativité restreinte faisait jouer un rôle privilégié à certains référentiels, que l'on appelle les référentiels d'inertie, et Einstein ne s'est jamais satisfait de cette circonstance : il était persuadé que les lois de la physique devaient pouvoir s'exprimer de manière indépendante de tout choix de référentiel. À partir du principe d'équivalence qui stipule que la gravitation communique à tous les objets matériels la même accélération quelle que soit leur masse, Einstein a montré qu'un changement quelconque de référentiel peut être remplacé par un champ gravitationnel adéquat et que réciproquement, tout champ gravitationnel peut être remplacé par un changement adéquat de référentiel. Pour que la gravitation ne puisse pas se propager instantanément à

21. Cf. Dominique Lambert, *Recherches sur la structure et l'efficacité des interactions récentes entre mathématiques et physique*, thèse présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en philosophie, (promoteur : M. Jean Bricmont), Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve 1995-1996, p.228-229.