

Des fleurs pour Schrödinger - La relativité d'échelle et ses applications

par Jean CHALINE, Laurent NOTTALE et Pierre GROU

Ellipses - 2009 - 421 pages - 26 € - ISSN/ISBN : 978.2.7298.5182.8

Public visé : Lecteur motivé.



Les auteurs (NCG) : Jean CHALINE est paléontologue, directeur de recherche émérite CNRS (Université de Bourgogne), Laurent NOTTALE est astrophysicien, directeur de recherche CNRS (Paris Meudon), Pierre GROU est professeur d'économie (Université de Versailles) et sociologue.

Les propriétés des systèmes (physiques ou autres) dépendent de l'échelle d'observation définie de manière relative. Le principe de relativité d'échelle (RE) appliqué non seulement aux mouvements, mais aux changements d'échelle et les lois fondamentales, doivent être valides quel que soit l'état d'échelle du système de coordonnées. Il est initié par une généralisation de la description du continuum espace-temps, contraint d'être non différentiable (ETND), caractérisé par une géométrie fractale. Les points sans extensions deviennent structurés en échelle, dont les coordonnées sont dépendantes de la résolution adoptée pour les mesures. Il s'agit d'établir des lois de dépendance explicite des grandeurs physiques en fonction de ces variables d'échelle qui satisfont au principe de relativité. Y correspondent des équations différentielles agissant sur l'espace des échelles qui décrivent les effets induits sur la dynamique des géodésiques, par les structures internes fractales dans l'ETND. L'équation du mouvement inertiel s'intègre dans cet espace-temps fractal, sous forme d'une équation de Schrödinger. La fonction d'onde est celle d'un champ de vitesse complexe des géodésiques. La constante de PLANCK devient une constante d'auto-organisation spécifique au système considéré où intervient l'amplitude des fluctuations fractales.

Faisant suite aux ouvrages, *La relativité dans tous ses états* (Laurent NOTTALE, 1998 - cf. Bup n° 822) et *Les arbres de l'évolution* (Laurent NOTTALE, Jean CHALINE, Pierre GROU, 2000 - cf. analyse du livre sur le serveur de l'UdPPC), les auteurs présentent différentes applications, qui mettent en œuvre les différents niveaux de développement de la théorie (lois de transformation d'échelles, mécanique quantique macroscopique), ainsi que les prédictions qui en résultent. Dans d'autres cas, on se contente de comparer avec les résultats expérimentaux (lois de puissances et leur correction log-périodique, fractals, systèmes hiérarchiques), la relativité d'échelle servant alors de cadre de réflexion et de pensée. Léger comme l'oiseau et non comme la plume.

En astrophysique, c'est la formation et l'évolution des structures gravitationnelles qui fournit à la relativité d'échelle l'occasion de justifier les relations et contraintes nouvelles à l'auto-organisation sur une très large gamme d'échelles, et dans laquelle la matière sombre est un ingrédient nécessaire. La théorie permet aussi de traiter la matière ordinaire comme source de deux potentiels, l'un courbant sa géométrie, l'autre manifestant sa fractalité et pouvant se substituer à la matière sombre non identifiée. Elle concerne les configurations des structures observées, solutions d'équations de la dynamique dans un ETF. Elle prend une forme quantique macroscopique (équation de Schrödinger généralisée) quand on l'applique à un potentiel képlérien (planètes), à un oscillateur harmonique (structures) ou à un potentiel logarithmique (galaxies). De la théorie, assise sur l'invariance d'échelle de la gravitation, émergent les grandes structures observées aux diverses échelles. Dans le cas de disques planétaires, le carré de la fonction d'onde fait apparaître des pics de probabilité assimilés à des sous-structures, correspondant à des valeurs de quantités conservatives tels l'énergie ou le moment angulaire. Même approche pour des milieux de densité constante où la fractalité sous-jacente de l'ETND implique une auto-organisation spontanée. Des processus d'éjection (ou d'accrétion) résultent de valeurs particulières d'angles d'éjection induisant les morphologies spécifiques aux nébuleuses planétaires. L'universalité de l'approche trouve aussi sa justification

dans les prédictions faites sur les systèmes extrasolaires. La fatigue fait voir enfin un monde nouveau.

Dans le domaine du vivant, où la vie apparaît comme un système structurant se déployant à diverses échelles de complexité (origine de la vie, morphogenèse et évolution), la théorie apporte solutions et suggestions, en tenant compte des contraintes physiques imposées. On y retrouve par exemple, au niveau de la division cellulaire, les expressions des potentialités physiques de la relativité d'échelle, quand l'énergie cellulaire atteint un certain seuil quantifié entraînant une duplication du système, plutôt qu'une augmentation de sa taille. La forme du fuseau mitotique pourrait se concevoir, à une autre échelle, comme la répartition des géodésiques fractales entre deux points de l'ETND ; les chromatides suivant le chemin le plus probable déduit de l'équation de Schrödinger généralisée, après optimisation réalisée par la sélection naturelle. De même au niveau d'organisation des organes où certaines contraintes font apparaître des pics de probabilité. Où encore l'exploitation de lois log-périodique (auto-organisatrice) faisant apparaître des périodicités dans les changements d'échelle.

Dans le domaine social, centré sur la recherche de gains de productivité, l'une des caractéristiques de l'évolution est l'accélération économique. Son analyse en terme de lois log-périodiques fait émerger la prédiction d'un temps critique (2050 pour notre société). La manifestation de la relativité d'échelle creusant son nid dans la structuration de l'individuel/collectif au sein de quatre échelles (régionale, nationale, continentale et mondiale) suggère des analogies de traitement avec la physique et la biologie. Cette analyse en terme de jeu d'échelle, où l'individuel matérialise une géodésique, le collectif leur ensemble, fait apparaître une dynamique des sociétés, rythmée et fractionnée vers une complexité croissante. Elle conduit à une nouvelle discontinuité impliquant une nouvelle organisation d'échelles, comparable au processus de diffusion. Le lion est fait de mouton assimilé.

Autour des lois d'échelle fractales de type auto-similaire, et dépassant l'aspect descriptif empirique des ouvrages antérieurs, les auteurs proposent de décrire une plus grande complexité des structures en échelles rencontrées dans les systèmes naturels. Les lois peuvent prendre la forme d'équations du type Schrödinger dont les solutions possèdent des propriétés statistiques de structuration.

La dernière partie de l'ouvrage est consacrée au formalisme mathématique de la relativité d'échelle. Nous la confions à l'attention du lecteur motivé qui aura su trouver dans cette nouvelle fenêtre de quoi alimenter ce besoin de faire avancer de nouvelles idées et d'offrir d'intéressantes suggestions de recherche à l'extérieur de la cage.

Jacques CAZENOVE