L'ETHER CRISTALLIN

Introduction

Le «storytelling» de ce livre

«Et si l'Univers était un cristal?», telle fut la question qui me vint petit à petit à l'esprit il y a une quarantaine d'années en préparant un cours pour des étudiants de physique en quatrième année d'étude. A cette époque, nanti d'un diplôme d'ingénieur-physicien et d'un doctorat en physique, je poursuivais des recherches en *dynamique des dislocations* à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, et dans le cadre de cette activité de recherche, je devais aussi participer à l'enseignement. Le cours dont je fus chargé était directement lié à ma recherche et s'intitulait *physique des dislocations*. Les dislocations sont des défauts d'arrangement dans la structure cristalline des solides, comme par exemple les métaux. Et ce sont les mouvements de ces défauts de structure qui expliquent une bonne part des propriétés macroscopiques de déformation des solides cristallins, d'où l'importance de décrire théoriquement et d'étudier expérimentalement ces objets.

En préparant pour la première fois mon cours, je décidai d'enseigner une approche mathématique très théorique des dislocations développée par M. Zorawski[1]. Malheureusement, cette approche est très compliquée, car elle fait appel à la géométrie différentielle de Riemann pour décrire l'évolution spatio-temporelle des dislocations dans des repères locaux infinitésimaux, approche faisant intervenir toute l'artillerie mathématique très lourde de la relativité générale (tenseur métrique et symboles de Christoffel). Cette première version de mon cours fut un cuisant échec. Non seulement cette approche cachait toute la réalité du comportement des dislocations derrière une armada d'objets mathématiques (des tenseurs) très compliqués, mais elle a aussi très vite provoqué une forte répulsion de la part des étudiants, mais aussi du professeur.

Lors de la deuxième année d'enseignement de ce cours, je décidai donc de changer complètement mon approche des dislocations, en basant celle-ci sur une description plus usuelle des déformations des solides, en utilisant le système classique des coordonnées de Lagrange et en formalisant au mieux les propriétés physiques du milieu, ce qui n'est généralement pas très bien fait dans la plupart des cours de théorie des milieux continus.

En enseignant d'année en année cette théorie, et en perfectionnant chaque fois l'exposé de mon cours, je vis apparaître des analogies intrigantes avec d'autres théories de la physique. La première analogie qui apparut était surprenante, car elle impliquait la théorie de l'électromagnétisme de Maxwell. Et l'analogie devint au cours des années de plus en plus claire et évidente, car elle ne se bornait pas seulement à une analogie avec l'un des deux couples d'équations de Maxwell dans le vide, mais elle se généralisait aussi aux diverses phénoménologies rencontrées en électromagnétisme, comme la *polarisation diélectrique* et la *magnétisation de la ma-*

---

[1] *M. Zorawski, «Théorie mathématique des dislocations», Dunod, Paris, 1967.*

tière, ainsi que *les charges et les courants électriques.*

C'est en m'inspirant de la littérature que j'ai aussi montré dans mon cours qu'il était possible de calculer l'*énergie de repos* E_0 des dislocations, qui correspond à *l'énergie élastique de déformation stockée dans le réseau* par leur présence, et leur *énergie cinétique* E_{cin}, qui correspond à *l'énergie cinétique des particules du réseau* mobilisées par leur mouvement, ce qui permettait alors de leur attribuer une *masse d'inertie virtuelle* M_0 qui satisfait des relations parfaitement similaires à la fameuse équation $E_0 = M_0 c^2$ de la relativité restreinte d'Einstein, mais qui était obtenue ici de manière tout-à-fait classique, c'est à dire sans faire appel à un principe de relativité. De plus, la dynamique des dislocations à haute vitesse satisfaisait aussi *les principes de la relativité restreinte* et *les transformations de Lorentz.*

L'analogie avec les équations de Maxwell était déjà très étonnante de par le simple fait qu'il était initialement postulé que le réseau solide satisfaisait une *dynamique très simple, purement newtonienne*, dans le référentiel de l'expérimentateur, alors que les dislocations au sein du réseau solide, responsables des déformations plastiques du solide, étaient soumises obligatoirement à une *dynamique relativiste* au sein du solide, obligation due *au set d'équations de Maxwell* gouvernant les déformations du milieu. Par conséquent, j'arrivais à la conclusion très paradoxale que la dynamique relativiste des dislocations n'est en fait rien d'autre *qu'une conséquence de la dynamique newtonienne parfaitement classique du réseau solide élastique* dans le référentiel de l'expérimentateur.

Les nombreuses analogies qui sont apparues au cours de la préparation de mon cours entre la théorie des milieux solides déformables et les théories de l'électromagnétisme et de la relativité restreinte étaient suffisamment étonnantes et remarquables pour ne pas manquer de titiller tout esprit scientifique ouvert et quelque peu curieux. Mais il était clair que ces analogies n'étaient de loin pas parfaites. Il était dès lors très tentant d'analyser plus en profondeur ces analogies et d'essayer de trouver comment les perfectionner. C'est ce qui m'a conduit à travailler sur ce sujet, à mes heures perdues et pendant une quarantaine d'années, et de proposer finalement plusieurs livres théoriques développant d'une part une approche originale de la déformation des solides[2] en utilisant les coordonnées d'Euler au lieu des coordonnées de Lagrange, et d'autre part une théorie révolutionnaire de l'Univers[3] basée sur l'approfondissement, l'amélioration et la compréhension des analogies entre la théorie de la déformation des solides cristallins et les grandes théories de la physique moderne que sont les équations de Maxwell, la relativité restreinte, la gravitation newtonienne, la relativité générale, la cosmologie moderne, la physique quantique et le modèle standard des particules élémentaires.

Il est tout-à-fait remarquable de pouvoir déduire toutes les grandes théories de la physique moderne à partir d'un développement logique basé exclusivement sur les concepts simples que

---

[2] *G. Gremaud, "Théorie eulérienne des milieux déformables – charges de dislocation et désinclinaison dans les solides", Presses polytechniques et universitaires romandes (PPUR), Lausanne (Switzerland) 2013, 751 pages, ISBN 978-2-88074-964-4*
G. Gremaud, "Eulerian theory of newtonian deformable lattices – dislocation and disclination charges in solids", Amazon, Charleston (USA) 2016, 312 pages, ISBN 978-2-8399-1943-2

[3] *G. Gremaud, "Univers et Matière conjecturés comme un Réseau Tridimensionnel avec des Singularités Topologiques", Amazon, Charleston (USA) 2016, 664 pages, ISBN 978-2-8399-1940-1*
G. Gremaud, "Universe and Matter conjectured as a 3-dimensional Lattice with Topological Singularities", Amazon, Charleston (USA) 2016, 650 pages, ISBN 978-2-8399-1934-0

sont, d'un point de vue physique, les trois grands principes de la physique classique, à savoir *la dynamique newtonienne* (l'équation de Newton), *le premier principe de la thermodynamique* (la conservation de l'énergie totale d'un système) et *le deuxième principe de la thermodynamique* (l'existence d'une grandeur physique, l'entropie, mesurant le désordre d'un système), et d'un point de vue mathématique, la description détaillée de l'évolution spatio-temporelle d'un réseau grâce à *une géométrie originale basée sur les coordonnées d'Euler*.

Mais si les principes de base de mon approche sont très simples et tout-à-fait classiques, les développements menant à retrouver les grandes théories de la physique moderne à partir de ces principes sont longs, assez difficiles et très théoriques, avec beaucoup de formules mathématiques. Ils ne sont donc pas d'une approche facile, même pour des physiciens, et surtout si ceux-ci ne sont pas versés dans le domaine de la physique des solides et de leurs déformations. C'est pourquoi j'ai entrepris d'écrire ce nouveau livre dans lequel j'ai l'ambition de faire connaître, si possible avec le minimum de mathématiques, les tenants et les aboutissants de mon approche, afin de familiariser les physiciens et toutes les personnes passionnées par la connaissance de l'Univers à la simplicité et l'élégance de mon approche originale de celui-ci sur quelques concepts de base simples et très classiques.

Je me dois de noter ici que l'existence d'analogies entre *la mécanique des milieux continus et la physique des défauts* et *les théories de l'électromagnétisme, de la relativité restreinte et de la gravitation* n'est de loin pas une idée qui m'est propre. En effet, elle avait déjà fait l'objet de nombreuses publications avant que je ne m'en préoccupe. D'excellentes revues sur ce sujet ont été publiées, notamment par Whittaker[4] en 1951 et par Unzicker[5] en 2000.

Par exemple, Nye[6] a initié en 1953 *l'utilisation de géométries différentielles* pour introduire des défauts topologiques comme des dislocations dans les milieux continus déformables, et a pour la première fois fait le rapport entre le tenseur de densité de dislocations et la courbure du réseau. D'autre part, Kondo[7] en 1952 et Bilby[8] en 1954 ont indépendamment montré que les dislocations peuvent s'identifier à une version cristalline du concept de Cartan[9] de 1922 de torsion d'un continuum. Et cette approche a été formalisée de manière très détaillée par Kröner[10] en 1960, qui a aussi proposé en 1980 que l'existence de défauts ponctuels extrinsèques, qui peuvent être considérés comme de l'extra-matière, pourrait s'identifier à la présence de matière

---

[4] *S. E. Whittaker, «A History of the Theory of Aether and Electricity», Dover reprint, vol. 1, p. 142, 1951.*

[5] *A. Unzicker, «What can Physics learn from Continuum Mechanics?», arXiv:gr-qc/0011064, 2000*

[6] *J.F. Nye, Acta Metall.,vol. 1, p.153, 1953*

[7] *K. Kondo, RAAG Memoirs of the unifying study of the basic problems in physics and engeneering science by means of geometry, volume 1. Gakujutsu Bunken Fukyu- Kay, Tokyo, 1952*

[8] *B. A. Bilby , R. Bullough and E. Smith, «Continous distributions of dislocations: a new application of the methods of non-riemannian geometry», Proc. Roy. Soc. London, Ser. A 231, p. 263–273, 1955*

[9] *E. Cartan, C.R. Akad. Sci., 174, p. 593, 1922 & C.R. Akad. Sci., 174, p.734, 1922*

[10] *E. Kröner, «Allgemeine Kontinuumstheorie der Versetzungen und Eigenspannungen», Arch. Rat. Mech. Anal., 4, p. 273-313, 1960*

dans l'univers[11] et être introduite par conséquent sous la forme d'équations d'Einstein, ce qui conduirait à une géométrie différentielle purement riemannienne en l'absence de dislocations. Il a aussi proposé que les défauts ponctuels intrinsèques (lacunes, interstitiels) pourraient être approchés par une partie non-métrique d'une connexion affine. Finalement, il a envisagé aussi que l'introduction d'autres défauts topologiques tels que des désinclinaisons pourrait faire appel à des géométries d'ordres supérieurs encore plus complexes, comme les géométries de Finsler ou de Kawaguchi. Les analogies de Kröner entre mécanique des milieux continus et grandes théories modernes de la physique sont assurément les plus célèbres. Cependant, aucune de ces recherches antérieures n'était allée aussi loin dans la mise en évidence d'analogies que l'approche présentée dans ce livre.

A la recherche d'une Théorie du Tout

La recherche d'une Théorie du Tout capable d'expliquer la nature de l'espace-temps, ce qu'est la matière et comment la matière interagit, est un des problèmes fondamentaux de la physique moderne. Depuis le 19ème siècle, les physiciens ont cherché à développer des théories de champs unifiées, qui devraient consister en un cadre théorique cohérent capable de prendre en compte les diverses forces fondamentales de la nature. Parmi les tentatives de recherche d'une théorie unifiée, citons:

- la "*Grande Unification"* qui rassemble les forces d'interaction électromagnétiques, les forces faibles et les forces fortes,
- la *Gravité Quantique*, la *Gravitation Quantique à Boucles,* et les *Théories de Cordes,* qui cherchent à décrire les propriétés quantiques de la gravité,
- la *Supersymétrie,* qui propose une extension de la symétrie d'espace-temps reliant les deux classes de particules élémentaires, les bosons et les fermions,
- les *Théorie de Cordes et de Supercordes,* qui sont des structures théoriques intégrant la gravité, dans lesquelles les particules ponctuelles sont remplacées par des cordes unidimensionnelles dont les états quantiques décrivent tous les types de particules élémentaires observées,
- la *Théorie M*, qui unifie cinq versions différentes de théories de cordes, avec la propriété surprenante que des extra-dimensions sont requises pour assurer sa cohérence.

Cependant, aucune de ces approches n'est capable pour l'instant d'expliquer de manière consistante et en même temps l'électromagnétisme, la relativité, la gravitation, la physique quantique et les particules élémentaires observées. De nombreux physiciens pensent que la Théorie M à 11 dimensions est la Théorie du Tout. Cependant, il n'existe pas un large consensus à ce propos et il n'y a pas à l'heure actuelle de théorie candidate apte à calculer des grandeurs expérimentales connues comme la constante de structure fine ou la masse de l'électron. Les physiciens des particules espèrent que les résultats à venir des expériences en cours - la recherche de particules nouvelles dans les grands accélérateurs et la recherche de la matière noire - seront encore nécessaires pour définir une Théorie du Tout.

Mais ces recherches semblent avoir réellement stagné pendant environ 40 ans, et de nombreux physiciens ont maintenant de sérieux doutes quant à la pertinence de ces théories. Sur

---

[11] *E. Kröner, «Continuum theory of defects», in «physics of defects», ed. by R. Balian et al., Les Houches, Session 35, p. 215–315. North Holland, Amsterdam, 1980.*

ce sujet, je conseille vivement aux lecteurs de consulter entre autres les livres de Smolin[12], Woit[13] et Hossenfelder[14]. Depuis les années 1980, des milliers de physiciens théoriciens ont publié des milliers d'articles scientifiques qui sont généralement acceptés dans des revues à comité de lecture, même si ces articles n'ont absolument rien apporté de nouveau à l'explication de l'Univers et ne résolvent aucun des mystères actuels de la physique. Une énorme quantité d'énergie a été mobilisée pour développer ces théories, qui s'éloignent de plus en plus de la réalité physique de notre monde. C'est une course à la publication de plus en plus d'articles ésotériques et à la recherche d'une forme de "beauté mathématique" au détriment de la "réalité physique". En outre, des sommes énormes ont été investies dans cette recherche, au détriment de la recherche fondamentale dans d'autres domaines de la physique, sous la forme de la construction de machines de plus en plus complexes. Et, au grand désespoir des physiciens expérimentaux, les résultats obtenus n'ont pratiquement rien apporté de nouveau à la physique des hautes énergies, contrairement aux prédictions "visionnaires" et optimistes des théoriciens.

Dans le présent livre, le problème de l'unification des théories physiques est traité de façon radicalement différente. Au lieu d'essayer de construire une théorie unifiée en bricolant un assemblage des théories existantes, en les complexifiant à souhait, en leur rajoutant même des symétries étranges et des dimensions additionnelles pour leur «beauté mathématique», je pars exclusivement des concepts classiques les plus fondamentaux de la physique que sont l'équation de Newton et les deux premiers principes de la thermodynamique. A l'aide de ces principes fondamentaux, et en développant une géométrie originale basée sur les coordonnées d'Euler, j'en viens, par un cheminement purement logique et déductif, à suggérer que l'Univers pourrait être un cristal, un réseau tridimensionnel élastique et massif, et que les éléments constituants de la Matière Ordinaire pourraient être des défauts de structure (appelés par la suite des singularités topologiques) de ce réseau cristallin, à savoir diverses boucles de dislocation et de désinclinaison que nous décrirons en détail. Pour un réseau isotrope cubique à faces centrées satisfaisant la loi de Newton, et avec des hypothèses spécifiques sur ses propriétés élastiques, je trouve que les comportements de ce réseau et de ses singularités topologiques regroupent "toute" la physique connue actuellement, en faisant apparaître spontanément *des analogies très fortes et souvent parfaites avec toutes les grandes théories physiques actuelles* du Macrocosme et du Microcosme, comme les Equations de Maxwell, la Relativité Restreinte, la Gravitation Newtonienne, la Relativité Générale, la Cosmologie Moderne et la Physique Quantique.

Mais cette approche ne fait pas que de trouver des analogies avec les autres théories de la physique, elle propose aussi des explications tout-à-fait originales, nouvelles et simples à de nombreux phénomènes physiques qui sont encore assez obscurs et mal compris à l'heure actuelle par la physique, comme par exemple la signification et l'interprétation physique profonde

---

[12] *Lee Smolin, «The trouble with Physics», Penguin Books 2008, London, ISBN 978-0-141-01835-5*
Lee Smolin, «La révolution inachevée d'Einstein, au-delà du quantique», Dunod 2019, ISBN 978-2-10-079553-6
Lee Smolin, «Rien ne va plus en physique., L'échec de la théorie des cordes», Dunod 2007, ISBN 978-2-7578-1278-5

[13] *Peter Woit, «Not Even Wrong, the failure of String Theory and the continuing challenge to unify the laws of physics», Vintage Books 2007, ISBN 9780099488644*

[14] *Sabine Hossenfelder, «Lost in Maths», Les Belles Lettres 2019, ISBN978-2-251-44931-9*

de *l'expansion cosmologique*, de *l'électromagnétisme*, de *la relativité restreinte*, de *la relativité générale*, de *la physique quantique*, et du *spin des particules*. Elle propose aussi des explications à ce que sont réellement *la décohérence quantique, l'énergie noire, la matière noire, les trous noirs*, et bien d'autres phénomènes.

Le développement détaillé de cette théorie permet aussi de trouver des idées très novatrices, parmi lesquelles la plus importante est *l'apparition de la charge de courbure*, qui est une conséquence incontournable du traitement d'un réseau solide et des ses singularités topologiques en coordonnées d'Euler. Ce concept n'apparaît absolument pas dans toutes les théories modernes de la physique, que ce soit en relativité générale, en physique quantique ou dans le Modèle Standard, alors que dans notre approche ce concept apporte des explications à de nombreux points obscurs de ces théories, tels que l*a force faible, l'asymétrie matière-antimatière, la formation des galaxies, la ségrégation entre matière et antimatière au sein des galaxies, la formation de gigantesques trous noirs au coeur des galaxies, la disparition apparente de l'antimatière dans l'Univers, la formation des étoiles à neutrons, le concept de matière noire, la nature bosonique ou fermionique des particules*, etc.

Finalement, en étudiant des réseaux cubiques à faces centrées avec des symétries spéciales appelées axiales, représentées symboliquement par *des réseaux 3D "colorés",* on peut identifier une structure de réseau dont les singularités topologiques en boucles coïncident parfaitement avec la zoologie complexe de toutes les particules élémentaires du Modèle Standard, et on y trouve aussi des explications physiques simples de la force faible et de la force forte du Modèle Standard, avec toutes leurs propriétés spécifiques.

Cette approche par le réseau cosmologique, publiée dans mon deuxième livre «*Univers et Matière conjecturés comme un Réseau Tridimensionnel avec des Singularités Topologiques*»[3], n'a pas la prétention de présenter une *Théorie du Tout* qui serait déjà complètement élaborée et utilisable, mais elle devrait et pourrait par contre s'avérer extrêmement fructueuse pour donner des *explications simples* aux théories physiques modernes dont il est difficile, si ce n'est impossible, de comprendre le sens profond, mais aussi et surtout pour définir *des liens étroits et des ponts unificateurs* entre les diverses grandes théories de la physique moderne.

Ce livre a donc pour but de faire connaître cette approche à un public averti et intéressé, en l'abordant de manière la plus simple possible, sur la base de nombreuses figures, en l'expliquant «avec les mains» et en essayant d'éviter autant que faire se peut le développement des équations mathématiques sous-jacentes. Par contre, je pense qu'il est important de mettre en exergue les équations les plus fondamentales de la théorie dans des figures, mais sans qu'il soit nécessaire de les comprendre. En ce qui concerne l'organisation du contenu du livre, j'ai essayé de suivre au plus près le plan du livre théorique initial, afin que les personnes intéressées puissent se référer directement aux traitements mathématiques complets qu'il contient.

Dans ce livre, je commence par résumer de manière autonome la théorie[2] publiée initialement en 2013, qui jetait méthodiquement les bases d'*une approche originale des réseaux solides par les coordonnées d'Euler*, et qui introduisait aussi de manière détaillée la notion de *charges de dislocation et de désinclinaison au sein d'un réseau cristallin,* concept qui permet de quantifier les défauts de structure, les singularités topologiques, pouvant apparaître à l'échelle microscopique d'un tel réseau. Sur la base de cette approche originale des réseaux solides et de leurs singularités topologiques, je déduis un ensemble d'équations fondamentales et phé-

noménologiques qui permet de traiter de manière très rigoureuse l'évolution spatio-temporelle macroscopique d'un réseau solide newtonien se déformant dans l'espace absolu du laboratoire d'un observateur extérieur à ce réseau.

J'introduis ensuite un *réseau imaginaire*, avec des propriétés élastiques et structurales assez spéciales, dont le concept a été imaginé et publié en 2016 dans mon second livre[1], et que j'ai qualifié de *«réseau cosmologique»*. Initialement, ce réseau était imaginé de structure cubique simple, qui m'obligeait à quelques acrobaties périlleuses pour décrire les trois familles de particules élémentaires du modèle standard. Mais dans cette nouvelle version de 2021, j'introduis *un réseau de structure cubique à faces centrées, que j'appelle poétiquement l'éther cristallin,* ce qui m'a été suggéré par mon ami Willy Benoit, et qui permet de décrire beaucoup plus judicieusement les trois familles de particules élémentaires du modèle standard. Moyennant *quelques conjectures bien choisies*, l'équation de Newton de ce réseau et les singularités topologiques qu'il peut contenir présentent alors un ensemble de propriétés très étonnantes, qui feront apparaître progressivement des analogies fortes et surprenantes avec toutes les grandes théories physiques actuelles, comme le résume bien le la table des matières .