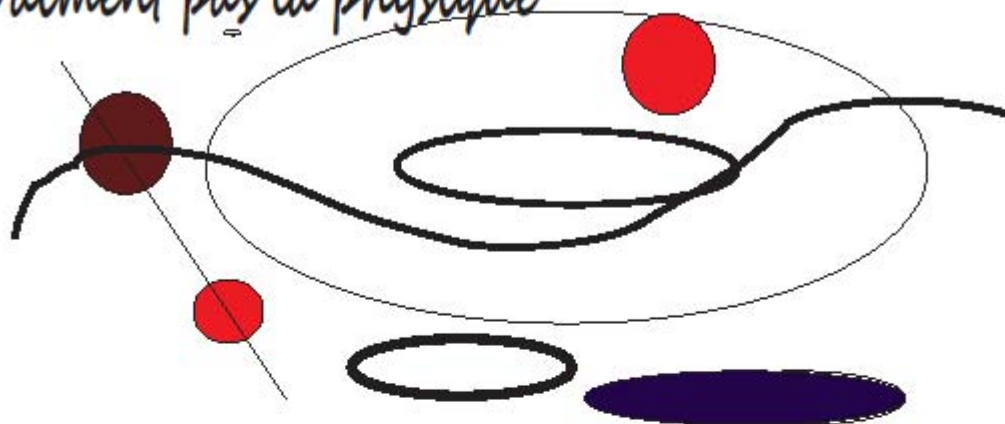


*Ouvrage pour tous et surtout pour celles et ceux
qui n'aiment pas la physique*



GROUPE INNOVAMBER



AMALIA BERREKIA

LA CORDÉE MULTIVERSELLE

Un Aperçu de la théorie des cordes II

Version électronique

AMALIA BERREKIA

LA CORDÉE MULTIVERSELLE

Un Aperçu de la théorie des cordes II

Version électronique

Ouvrage pour tous et surtout pour celles et ceux qui n'aiment pas la physique.

GRO UPE INNOVAMBER

LA CORDÉE MULTIVERSELLE – Un Aperçu de la théorie des cordes II.

Version électronique

Copyright - tous droits réservés à Amalia Berrekia

Toute reproduction, distribution et vente interdites sans autorisation écrite de l'auteure et de l'éditeur.

Logo : GROUPE INNOVAMBER INC.

Page couverture : GROUPE INNOVAMBER INC.

ISBN 978-2-924591-02-4

ISBN 978-2-924591-01-7 (2e édition, 2016)

ISBN 978-2-924591-00-0 (1re édition, 2015)

Dépôt légal : 1er trimestre 2017

Bibliothèque et Archives Canada

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Pour toute information :

Site Web : www.innovamber.ca

Contact : inno-info@innovamber.ca

À deux exceptionnels et merveilleux amis, compagnons de route et co-équipiers,

Nicolas - Alexandre et Pierre - Maximilien

Note de l'auteure	8
Chapitre I	9
UNE SÉANCE DE RÉCHAUFFEMENT UN PEU PLUS LONGUE QUE PRÉVUE	9
Introduction	10
Sémantique	12
Les limites du monde accessible - Univers caché ! Univers faussé !	15
Une nature fractale évidente	19
À propos du paradoxe de la théorie du TOUT	20
La connaissance est au bout de l'infini	21
Chapitre II	23
UN BREF TOUR D'HORIZON	23
Le modèle standard - Un univers peuplé de points	24
Particule point ? Particule ? Onde ?	24
Bosons et fermions	26
Limitations du modèle standard	26
Pourquoi une nouvelle théorie ?	27
Chapitre III	29
LES LIMITES DE LA MODÉLISATION	29
À propos de la modélisation	30
Complexité et complication	31
Le paradoxe de la modélisation des systèmes complexes	32
Mesurer la complexité	32
Représentation restreinte	33
Interprétation des résultats	33
Modéliser - Conclusions	34

Chapitre IV	35
DE L'HUMAINE NATURE	35
Ludwig Eduard Boltzmann	36
Satyendra Nath Bose - La béatitude bosonique	37
Apprendre de l'Histoire	38
Chapitre V	41
MINI-ABC DE LA THÉORIE DES CORDES	41
Son but	42
Principales caractéristiques d'une corde	43
Le caractère « ZEN » de dame Nature - Une interprétation de la relation d'incertitude d'Heisenberg	45
La résonance — Un phénomène merveilleux, si répandu !	46
Comment les cordes échangent-elles de l'énergie entre elles ?	48
La conservation de l'énergie - Définition du système examiné	49
Identité dévoilée - La signature fréquentielle	50
Chapitre VI	51
VOYAGES À TRAVERS LES DIMENSIONS D'UN PAYSAGE DE CORDES	51
Voyager dans les dimensions - Réalité ou illusion ?	52
De quelle dimension s'agit-il, s'il vous plaît ?	52
L'espace-temps à quatre dimensions (3D+1) - À quel temps conjuguer le verbe ?	54
Combien de dimensions cachées ?	55
Tout un univers caché - Une perception bornée	56
Un pont scientifique	57
Une théorie unificatrice	57
La supersymétrie et les supercordes - Mariage forcé ou union parfaite ?	58
Espace à dix dimensions	59
Un espace-temps de dimension onze — Les branes	59
Chapitre VII	61
PROMENADE DANS LES MULTIVERS	61
Les univers parallèles	62
Des univers parallèles peuplés ?	62
Est-ce qu'un univers communique avec les autres ?	63

Les prémices d'une respiration cosmique	64
Univers parallèles quantiques	65
Science ou fantaisie ?	65
Les cycles cosmiques ou la respiration multiverselle	66
Les multivers holographiques	67
Chapitre VIII	68
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	68
<i>Résumé de ce bref aperçu</i>	69
Une théorie à l'image des univers	70
Une nature fractale quelque peu négligée	70
Le mot de la fin	71
ANNEXE	72

NOTE DE L'AUTEURE

La théorie des cordes est dite théorie du TOUT. Cette expression apparaît bien trop absolue dans un monde où TOUT est relatif, aux frontières indéfinies, infinies, floues. Il serait, dans ce cas, plus exact, de parler d'une théorie du TOUT CONNU, théorie unifiant l'infiniment petit et l'infiniment grand, sans oublier ce qui est entre ces deux extrémités.

Ce TOUT CONNU, que nous pensons connaître, qui nous semble infiniment grand, reste pourtant très limité.

Cette édition tente de répondre de manière succincte aux questions posées par nos lecteurs des précédentes éditions. Nous espérons y avoir réussi.

L'esprit reste toujours le même, à savoir une lecture à la carte ! Les nombreuses notes, à consulter au besoin, visent à éviter une lecture en méandres.

L'ouvrage s'adresse à toutes et tous. Les lois de la physique s'appliquent à nous, à tout instant de notre quotidien et nul ne peut s'y soustraire. Les chapitres et, souvent, les paragraphes, ont été rédigés de manière à préserver, dans la mesure du possible, leur indépendance : les notions importantes sont rappelées à plusieurs reprises.

Cependant, une lecture respectant l'ordre des chapitres donnerait une vision plus cohérente du sujet.

Bonne lecture !

CHAPITRE I

UNE SÉANCE DE RÉCHAUFFEMENT UN PEU PLUS LONGUE QUE PRÉVUE

« Le savant le plus grand est celui qui connaît les limites de son savoir, c'est-à-dire l'infini de son ignorance. Voilà pourquoi vous voyez si peu de savants à la télévision alors que cette dernière convient si bien aux experts. »

Serge Bouchard (1947-)

« Je sais maintenant que toutes nos connaissances passées, présentes et à venir ne sont rien au regard de ce que nous ne saurons jamais. »

Benjamin Lacombe (1982 -)

INTRODUCTION

Pour que ce résumé mérite son nom, il doit tenir en quelques pages -- un vrai tour de force, considérant le sujet abordé !

C'est ainsi que commence la première édition. Cela reste notre souhait.

On a dit d'Isaac Newton qu'il avait réuni le Ciel et la Terre avec sa théorie de la gravitation¹. Corps célestes et terrestres étaient soumis à la même loi. Cette idée d'unification n'est pas née d'hier et demeure le rêve de nombreux scientifiques.

Avec les lois de James Clerk Maxwell, électricité et magnétisme étaient réunis sous le vocable de théorie du champ électromagnétique.

Albert Einstein était convaincu de l'existence d'un principe générique dont étaient issues toutes les lois physiques de l'Univers. Il a toujours, de son vivant, caressé le rêve d'une théorie du TOUT.

Vers 1940, sous l'égide de Werner Heisenberg, une refonte radicale des lois de la physique des interactions fortes² est entreprise. S'appuyant sur la théorie des S-matrices, l'éminent physicien tente, en vain, entre 1940 et 1960, de présenter les particules constituant le noyau des atomes comme des objets vibrants de dimensions étendues plutôt que des points matériels.

C'est l'embryon de la théorie des cordes³.

Leonard Susskind, un pionnier de la théorie des cordes, a largement contribué à en poser les premiers jalons. Stephen Hawking a été l'un des premiers à soutenir le concept.

La théorie des cordes se définit comme étant précisément la théorie de ce TOUT. Elle unifie les quatre forces fondamentales connues via le concept d'entités vibrantes, les cordes, voyageant dans l'espace et interagissant les unes avec les autres de diverses manières. Elle est étroitement liée au concept de dimensions spatiales multiples, en nombre supérieur à trois⁴. Nous reparlerons de son contenu au chapitre V. Mais, disons-le, cette nouvelle venue est mal accueillie : elle est vue comme la rivale de la

1 Auparavant, on pensait que la terre et les cieux étaient gouvernés par des lois physiques différentes. Isaac Newton prépare l'idée d'unification des théories.

2 Lois de la physique régissant les interactions nucléaires (protons, neutrons, quarks).

3 Elle prenait à l'époque le nom de S-matrice.

4 Le monde 3D dans lequel nous évoluons est à trois dimensions: longueur, largeur, hauteur. Le temps étant considéré comme une dimension, notre monde serait alors un espace 3D + 1.

théorie dominante de l'époque, la théorie standard qui stipule que l'univers est constitué de particules matérielles ponctuelles, c'est à dire sans dimension.

Dès 1919 Theodor KALUZA soumet à Einstein un article dans lequel il propose un univers à plusieurs dimensions. Son concept est plus qu'audacieux pour l'époque : un espace-temps possédant une dimension spatiale supplémentaire cachée, enroulée, trop ténue pour être visible. L'espace-temps 3D + 1 aurait alors cinq dimensions. L'hypothèse est initialement rejetée par le grand maître de la physique puis jugée valable quelques années plus tard mais sans plus. Trop en avance sur son époque, cette idée est jetée aux oubliettes puis reconsidérée quelques décennies plus tard (1968).

Suite à un fourmillement de concepts et de débats passionnés, la théorie des cordes prend, peu à peu, forme. Depuis elle évolue de manière chaotique et son principal handicap tient à son aspect avant-gardiste. Oui ! Même les scientifiques peuvent se montrer conservateurs !

C'est, bien entendu, une théorie en construction qui s'appuie sur un modèle mathématique particulièrement complexe⁵ et difficile à manipuler. Elle ne fait pas l'unanimité. Certains physiciens lui reprochent de ne pas pouvoir donner de preuves expérimentales. Cet argument est tout à fait légitime mais, comme nous le verrons par la suite, la technologie n'est pas au rendez-vous : les expériences s'avèrent alors difficiles, voire impossibles. Cependant, ce même argument (l'absence de preuves expérimentales) peut être opposé, dans certains cas, aux théories reconnues « vraies » Il existe, néanmoins, d'autres façons de démontrer la validité d'une théorie lorsque la technologie n'est pas en mesure de permettre la production de preuves.

Les théories, rappelons-le, sont des modèles qui permettent de faire des prédictions accessibles à l'expérimentation ou d'expliquer certains phénomènes. Comme c'est souvent le cas dans ce domaine particulier de la physique, s'il n'est pas possible d'observer directement le ou les objets sous étude, l'observation indirecte⁶ permet de certifier leur existence. Corollairement, cette observation indirecte confirme ou infirme les prédictions annoncées par le modèle, accroissant la validité de ce dernier ou provoquant une révision partielle ou une complète refonte.

L'opposition rencontrée par la théorie des cordes (qui est coutumière dans l'Histoire des Sciences) est, tout à la fois, contrariante et salutaire : elle entrave l'évolution de la théorie et freine ses progrès mais

⁵ Certes, le modèle est complexe mais peut-être encore compliqué du fait de son jeune âge, compte tenu de l'ambition poursuivie. Reférez-vous au paragraphe SÉMANTIQUE de ce même chapitre, clarifiant la signification de « complexe » et de « compliqué ».

⁶ Différentes méthodes peuvent être utilisées dont les deux exemples suivants. On observe les effets, les conséquences de leur présence. On peut aussi faire un bilan énergétique et déceler un déficit, ce qui implique la présence d'une entité non observée.

évite également les divagations. De 1919 à nos jours, les physiciens cordistes, ont, reconnaissons-le, fait preuve de beaucoup de détermination (et souvent de courage). Ils n'ont pas eu tort. Quelques exemples notables permettent d'en juger.

La théorie des cordes a contribué à des avancées formidables de la théorie des particules (ex : la supersymétrie). Elle a confirmé les prédictions de Hawking et Bekenstein, à savoir que les trous noirs ne sont pas noirs et qu'ils rayonnent. Elle est en accord avec tous les principes de la mécanique quantique. De nombreux résultats non expliqués de la physique des particules, parce que non compris, ont été prédits et **EXPLIQUÉS** par la théorie des cordes. Unifier l'infiniment grand et l'infiniment petit en une seule théorie représente une quête du Saint Graal pour tous les physiciens ; la théorie des cordes apparaît être une candidate de choix, LA candidate ! Il reste cependant beaucoup à faire.

Mais, reconnaissons-le, cette dernière née profite également des résultats de recherches obtenus par les scientifiques adeptes de la théorie aînée, la « théorie des particules » ou « modèle standard ». Cette dernière pourrait devenir une composante de sa jeune sœur, sous certaines conditions bien définies portant sur la dimension des cordes et leur interaction mutuelle.

Notre intérêt pour cette théorie ne vous étonnera pas, bien qu'elle soit tombée en disgrâce depuis quelques années, à tort, selon nous. Personnellement, je baigne dans les ondes et vibrations, classiques ou quantiques, depuis des années et j'ai eu la chance de les enseigner, à ma manière. Mes étudiants ont, semble-t-il, toujours adoré. Là, je devine vos clins d'œil !

SEMANTIQUE

Il n'y a pas que les phénomènes observés qui peuvent être interprétés de multiples manières, selon le point de vue. Les mots suivent également cette règle. Afin d'éviter toute confusion, nous explicitons, ici, le sens que nous donnons à certains termes fréquemment utilisés dans cet exposé.

Soyez sans crainte -- il ne s'agit nullement de présenter un interminable glossaire.

OBSERVATION - MESURE

Il faut considérer ces deux termes comme étant synonymes d'action. Si un phénomène est observé ou mesuré, alors, il y a action de l'observateur sur lui dans le but d'effectuer une mesure. Mais n'oublions pas que toute mesure perturbe l'objet mesuré.

Un phénomène peut être étudié par observation directe ou indirecte (via ses conséquences, par exemple).

Que dire de ce monde qui reste inaccessible à l'observation, à la mesure⁷. Interagissons-nous avec lui sans en prendre conscience, faute de pouvoir le mesurer ? Faut-il nier catégoriquement son existence jusqu'à preuve du contraire ? Doit-on laisser planer le doute ? Quelle définition, scientifiquement parlant, donner au terme « exister » ?

Finalement, comme nous le verrons plus loin au cours de ce paragraphe, si « exister » reste étroitement associé à « réalité », de quelle réalité s'agit-il ?

DIMENSIONS⁸ D'UN ESPACE GEOMETRIQUE ET TAILLE D'UN OBJET

Un minuscule objet (point matériel) se déplaçant sur un rail rectiligne (droite) est repéré en tout temps par un seul nombre : sa position par rapport à un observateur. La droite est donc un espace de dimension 1.

Un endroit sur la surface de la Terre est localisé par deux nombres : sa latitude et sa longitude. La surface de la Terre est un espace de dimension 2.

L'espace dans lequel nous évoluons est de dimension 3 puisqu'à ces deux nombres, soit, longitude et latitude, il faut ajouter la hauteur par rapport au sol (l'altitude).

La dimension d'un espace géométrique est donc égale au nombre minimal nécessaire et suffisant de paramètres permettant de localiser un point matériel dans ledit espace.

Par extension, l'objet observé étant lui-même un espace, on lui attribuera la dimension de l'espace correspondant. Un cube devient alors un objet de dimension 3, un disque, un objet de dimension 2 et

⁷ Voir le paragraphe « LES LIMITES DU MONDE ACCESSIBLE ».

⁸ Plusieurs nuances peuvent être associées à ce terme selon le domaine d'intérêt : physique, mathématique, informatique, etc.

une droite, un objet de dimension 1. Tout naturellement, un objet ponctuel (un point) aura une dimension nulle.

UNIVERS ET UNIVERS

Le terme Univers (avec une majuscule) désigne, ici, notre vision classique de celui-ci, englobant notre galaxie, la myriade de galaxies identifiées ou non, ainsi que l'ensemble des objets cosmiques le traversant.

Un univers est un objet ressemblant à notre Univers dans sa structure grossière (globale).

La théorie des cordes prédit plusieurs univers. N'étant plus unique, il perd sa majuscule. Le terme français admis est multi-univers. Une préférence strictement personnelle me fait pencher vers le terme « multivers ». C'est celui que vous rencontrerez par la suite. Et puisque rien n'empêche l'existence de plusieurs multivers, le nôtre, celui contenant l'Univers, est le Multivers.

COMPLEXE ET COMPLIQUE

Le chapitre III, LES LIMITES DE LA MODÉLISATION, est (brièvement) dédié à ce sujet. Il est cependant important d'annoncer le plus tôt possible la profonde différence qui existe entre ces deux termes.

Un système est complexe souvent du fait de ses nombreuses capacités, par exemple. Réduire sa complexité revient à réduire ses fonctionnalités et même à le rendre inutile. Il est irréductible. Il n'y a rien à redire au niveau de sa conception.

Un système compliqué DOIT être simplifié sans rien perdre de ses capacités. Sa simplification peut accroître ces dernières.

Plus sévèrement, un système compliqué découle, hélas, nécessairement d'une mauvaise conception.

REALITE ET REALITE

Nous distinguons la Réalité, avec une majuscule, s'il vous plaît, de la réalité ou des réalités.

La première nous est inaccessible, autant le dire tout de suite. Elle représente ce qu'est l'objet de manière objective, la Réalité en SOI de cet objet dans son état naturel. La seconde, soit le terme réalité,

sans majuscule, désigne notre représentation de l'objet, celle que nous percevons par le biais de nos sens ou d'un appareil de mesure. Nous l'appelons, en général, réalité mais elle n'est qu'une réalité perçue, mesurée, observée. C'est la seule qui nous soit accessible. En effet, la Réalité de l'objet étudié (celle en SOI) est un ensemble d'informations que nous allons traiter, soit par nos sens (vision, ouïe, toucher, etc.) soit à l'aide d'instruments de mesure. Dans tous les cas, cette Réalité subit, du fait de ce traitement, une modification (même légère, cette modification existe et ne peut être ignorée, en toute rigueur). L'information traitée qui arrive à notre cerveau ou obtenue à la sortie de l'appareil de mesure ne représente plus la Réalité originale, seulement la réalité, celle mesurée ou perçue, celle modifiée, à notre corps défendant. Et, reconnaissons-le, il y a autant de réalités que d'humains sur Terre.

Pour s'en convaincre considérons l'exemple suivant : une copie d'un objet n'est jamais rigoureusement identique à l'original. À notre échelle, la différence peut être si minime (une excellente copie) qu'elle nous est imperceptible. Une analyse plus détaillée montrera des différences. À l'échelle quantique, une copie est simplement impossible. Toute action sur l'entité originale modifie son état de manière significative ; ce que nous voulons copier n'est plus !

Résumons-nous. Mesurer, observer revient à interagir avec l'objet étudié et tenter de connaître sa Réalité. Hélas ! Cette action modifie la Réalité et nous n'obtenons qu'une réalité parmi tant d'autres. Ne pas modifier la Réalité de l'objet n'est possible que si l'on n'agit pas sur lui. Et sans action, impossible de connaître cette Réalité ! Admettons-le, nous ne saurons jamais ce qu'est la Réalité des choses. Nous pourrions seulement réussir à nous en approcher et en avoir une idée plus ou moins précise par le biais de réalités.

Philosophie, direz-vous ? Mais, à mon sens, philosophie et physique sont deux sœurs inséparables. Un physicien doit savoir ce qu'il mesure.

LES LIMITES DU MONDE ACCESSIBLE - UNIVERS CACHE ! UNIVERS FAUSSE !

Que de mondes nous sont cachés pour de simples raisons : nos limitations physiologiques ou technologiques. Conséquence ? Les objets se manifestent (ce qui suppose que nous interagissons avec eux) à nous différemment, selon notre point d'observation ou l'instrument d'analyse. Difficile de déterminer, dans ces circonstances, ce qui est VRAI !

De manière naturelle, nous admettons l'existence du monde qui nous entoure du fait de notre interaction avec lui. Ainsi, ce qui est invisible (aucune interaction visuelle) peut, à première vue, sembler inexistant. L'infiniment petit nous est invisible et pourtant il existe. Nous verrons quelques

exemples par la suite⁹. Mais les deux points suivants permettent d'avoir une grossière idée du degré de cette inaccessibilité et des limitations du genre humain.

La physique moderne définit une distance extrêmement ténue dite longueur de Planck. Elle est évaluée à 10^{-35} m (un 1 divisé par un nombre comportant 35 zéros) soit un mètre divisé par cent millions de milliards de milliards de milliards. La longueur de Planck n'est pas seulement invisible à l'œil nu mais à tout appareil de mesure existant. Elle reste inaccessible à l'expérimentation du fait de nos limitations technologiques. Le LHC (*Large Hadron Collider*) du CERN à Genève pourra résoudre des distances mille milliards de milliards de fois plus grandes que la longueur de Planck. C'est dire que, si on admet l'existence de cette longueur de Planck, elle reste et restera inaccessible encore longtemps¹⁰.

L'infiniment grand aussi nous joue des tours similaires. Compte tenu de l'accélération cosmologique, tout ce qui se trouve à plus de 20 milliards d'années-lumière nous est inaccessible, tant et aussi longtemps que durera l'inflation de l'Univers, indépendamment de l'évolution de nos technologies.

Nous évoluons dans un univers infini, certes, mais nous ne sommes conscients que d'une infime partie, si infime que cela pourrait donner une idée de l'infiniment petit, aussi inaccessible que l'infiniment grand.

Moult mondes nous sont invisibles. N'y voyez ici aucune trace de science-fiction.

Nous ne pouvons les observer du fait de nos propres limitations que nous assumons, consciemment ou non, au quotidien.

L'oreille humaine ne détecte pas les ultrasons contrairement à celle du chien ou de la chauve-souris. L'ensemble des fréquences qui nous sont audibles est borné. Nous parlons alors de bande passante de l'oreille humaine. Cette bande de fréquences est limitée, d'où le vocable « bande ». N'est-ce pas la preuve que tout un monde, audible à certains, nous demeure caché !

Quittons le domaine sonore et passons en revue certaines des restrictions liées à l'œil humain. Lui aussi possède une bande passante limitée au spectre visible des ondes électromagnétiques. Nos yeux ne voient pas les rayons IR ou UV, les rayons X ou gamma et pourtant ces rayonnements existent. Nous devons compter sur la technologie pour nous faire découvrir ces espaces invisibles.

⁹ Se référer au paragraphe « TOUT UN UNIVERS CACHE », chapitre VI.

¹⁰ Ceci soulève la question suivante: la longueur nulle d'un objet existant ou supposé tel, valant exactement zéro, au sens mathématique du terme, est-elle accessible? Un tel objet existe-t-il??

Existe-t-il d'autres fréquences non encore détectées par notre technologie, d'autres mondes encore ignorés ? Un grand nombre de scientifiques répondront par la négative à cette question. Je me permets de ne pas être du même avis.

Les variabilités de l'observation liées aux facteurs d'échelle font, quant à elles, l'unanimité. Clarifions par quelques exemples.

Une balle de ping-pong nous paraît lisse et faite d'une même matière disposée de manière continue. Pourtant, à l'échelle moléculaire, elle se révèle être complètement discontinue. À l'inverse, le cosmos vu de près nous apparaît inhomogène et discontinu¹¹ (galaxies et objets cosmiques sont identifiables séparément). À très longue distance, cette discontinuité disparaît et le cosmos nous semble homogène, ressemblant plus à un fluide uniforme qu'à un ensemble d'objets célestes distincts (vous devez vous placer très, très loin — vous vous en doutez¹²).

Dans le monde qui nous entoure, un même objet peut être de dimension dite « nulle¹³ » (point) ou avoir une dimension (trait), deux dimensions (surface), trois dimensions (objet volumique) selon notre point d'observation ou la taille de l'observateur comparée à celle de l'objet observé. De très loin, vous apercevez un point probablement noir. Vous vous rapprochez et vous constatez que c'est un disque plat (deux dimensions). Plus près, ce disque présente des détails supplémentaires jusque-là invisibles. Sa couleur aussi n'est pas uniforme. Dans un monde de Lilliputiens, ce même disque serait appelé cylindre¹⁴ (trois dimensions). On peut poursuivre le processus « *d'autominiaturisation* » et observer le défilé des dimensions. Vous devinez ce que donnerait le processus inverse.

Les dimensions apparaissent et disparaissent selon notre point d'observation (loin, près, très près...).

Ces exemples mettent en évidence l'impact du pouvoir de résolution de l'œil humain ou de l'instrument de prise de vue sur la réalité observée, celle devenue certitude jusqu'à preuve du contraire. Il y a là, implicitement, un facteur d'échelle entre observateur et observé agissant sur le résultat de la mesure. Si deux points sont trop proches l'un de l'autre, nous pouvons être amenés à conclure qu'il n'y a qu'un seul point. Le pouvoir de résolution (ou séparation) de l'œil a atteint sa limite et il est incapable de distinguer un point de l'autre. De ce fait, un ensemble discret (discontinu) de points alignés les uns à côté des autres sera vu comme une ligne continue. La planète Terre, observée de très loin, peut

11 Bien entendu, nous ne pouvons d'un seul « regard » englober tout le cosmos ; il s'agit de ce que nous observerions à l'aide d'un télescope.

12 Ne soyez pas inquiets -- ces expériences hypothétiques ou vues de l'esprit, sont fréquentes chez les physiciens.

13 En toute rigueur, un objet de dimension nulle n'existe tout simplement pas.

14 On suppose, bien entendu, que les Lilliputiens parlent la même langue que nous.

ressembler à un point. Quelle serait la taille de notre planète photographiée des confins de notre galaxie ? Serait-elle seulement visible ?

Et... pensez-y ! Ne sommes-nous pas entourés de petites choses plus ou moins sympathiques (microbes, acariens, virus, etc.) invisibles à l'œil nu ?

Le microscope nous permet d'observer ce que notre œil, seul, ne peut accomplir.

Nous ne pouvons détecter ce qui est trop petit, ce qui va trop vite, ce qui sort de notre domaine de fréquences.

Nous ne sommes pas sensibles à un niveau trop bas de décibels (bruit ou son d'intensité trop faible) et nous sommes détruits par ceux trop élevés.

Le temps est également soumis à ce caractère relatif. Cent ans sur Terre sont invisibles à l'échelle cosmique (durée de vie d'une étoile, par exemple) ou géologique (âge de la Terre). Ce même siècle sur Terre est comparable à une éternité considérant la durée de vie de certaines particules (un milliardième de seconde ou moins). Autre aspect de la dualité de notre Univers ! Et lorsqu'on parle de l'instabilité du proton, rassurons-nous : cela prendra un bon « XXXX » années avant que cette désintégration ne devienne fatale à l'Univers.

Tentons de nous représenter ce que serait notre Univers si nous pouvions, en plus de nos capacités et facultés naturelles, voir, à l'œil nu, le rayonnement infrarouge émis par chaque entité « exothermique », encore dite chaude (votre voisin, le chat, les arbres, vos mains, votre casserole d'eau chaude...). Des yeux capables de voir les RX, cela vous tente-t-il ?

Que serait notre quotidien si nous devions percevoir les plus petits bruits¹⁵ (une feuille d'arbre tombant sur le gazon, une coccinelle trotinant sur le rebord de votre fenêtre, l'agitation moléculaire à l'intérieur du corps) ?

Trop d'informations pour notre cerveau, direz-vous, et vous auriez raison, à mon sens. Alors tout est bien ainsi. Mais, reconnaissons-le, notre perception est bornée ; faut-il pour autant rejeter l'existence de mondes cachés ?

Nos limitations naturelles, par nos seuils de sensibilité, par notre bande passante naturelle -- oui ! Avec

¹⁵ *L'hyperacousie, plus fréquemment rencontrée de nos jours qu'autrefois, engendre une détresse psychologique démontrée chez les personnes qui en souffrent. Les données épidémiologiques le confirment.*

le sens qu'on lui donne en physique et donc, en télécommunications, en réseautique, etc, restreignent notre perception du monde, de l'Univers.

La technologie vient à notre secours pour modifier nos seuils de sensibilité (amplification des signaux trop faibles, par exemple), élargir notre bande passante, nous dévoiler des mondes jusque-là non détectés. Mais cette technologie possède, elle aussi, par construction, sa propre bande passante, ses propres seuils de détection et, donc, ses limitations.

Tout un univers nous entourant n'est pas (encore) détecté, cela ne signifie nullement qu'il n'existe pas.

L'Univers dans lequel nous évoluons est infiniment plus vaste que celui dans lequel nous pensons être confinés.

UNE NATURE FRACTALE¹⁶ EVIDENTE

La nature fractale du monde qui nous entoure a été démontrée par Benoît Mandelbrot. Cette géométrie cachée (cachée, comme tant de phénomènes) dans un apparent chaos est si fréquente que les résultats des travaux de Mandelbrot trouvent actuellement de nombreuses applications dans diverses disciplines scientifiques et techniques.

La nature fractale de l'Univers et des multivers devrait paraître évidente à tout physicien convaincu de l'aspect « intelligent » de la Nature. De nombreux résultats de recherche dans différents domaines laissent entrevoir (toujours selon mon avis personnel) une structure fractale de l'espace-temps, soit, la répétition à l'infini et avec des tailles différentes (dimensions fractales), de familles de motifs génériques.

Je ne pense pas être dans l'erreur en osant associer concept fractal et principe générique.

L'utilisation d'une même entité (motif principal « parent ») basée sur plusieurs paramètres pouvant eux-mêmes prendre différentes valeurs permet de créer un très grand nombre d'autres entités (entités « enfant ») capables d'accomplir des tâches spécifiques, tout ceci avec un minimum d'effort. Ajoutons que les entités « enfant » peuvent à leur tour générer d'autres entités « enfant » et ainsi de suite. La

¹⁶ Quelques exemples d'objets du quotidien, à structure fractale (répétition d'un motif générateur) : les arbres (tronc, différents niveaux de branches), légumes crucifères (chou-fleur, brocoli), ananas, réseaux fluviaux (fleuve, affluents, rivières, ruisseaux), flocons de neige, pour ne citer que ceux-ci.

répétition du concept (parent-enfant) ou motif conceptuel est également à considérer comme résultant d'une approche fractale, à fort potentiel générique. Notons que la diversité des comportements de chaque entité, quelle que soit sa génération, est naturellement incluse dans ce processus. Concept générique ne signifie donc, absolument pas, uniformité ou monotonie. Notons, au passage, que ce concept donne lieu, sous une autre appellation, à une pratique de développement fréquemment utilisée en programmation informatique. Et, soyons modestes, nous ne faisons qu'imiter la Nature.

Et, poursuivant notre observation, les mondes inaccessibles peuvent être découverts d'une manière détournée. Observons le monde qui nous est accessible, étudions-en les lois pour tenter de le comprendre. Combinons les facteurs d'échelle spatio-temporels et retenons les leçons données par une Nature clairement et abondamment fractale, tant dans ses formes que ses concepts. Il nous sera alors possible, par extrapolation, de nous représenter les univers inaccessibles à la mesure.

Mais souvenons-nous que les états de l'univers ne seront jamais déterminés avec précision.

À PROPOS DU PARADOXE DE LA THEORIE DU TOUT

De quoi s'agit-il exactement ? Énoncé brièvement, ce paradoxe stipule que si une théorie du TOUT existe, elle devrait permettre de prédire si nous pouvons la fonder ou non.

Pour ma part, je juge cet énoncé totalement absurde. La conclusion de ce raisonnement boiteux est plus intéressante, étonnamment : si une théorie unificatrice existe, il est possible de ne jamais la trouver.

Analysons la situation. Comment imaginer l'Univers ?

Un vaste ensemble confus soumis à une série d'évènements indépendants déferlant au hasard et donc totalement imprévisibles ?

Le hasard est un vocable servant à masquer notre ignorance. Ne disposant d'aucune explication concernant un évènement, nous nous réfugions vers ce mot. La simple observation de l'Univers, ou, plus modestement, du monde qui nous entoure, annonce un système organisé et synchronisé. Nous sommes encore loin d'avoir découvert la totalité des mécanismes régissant cette organisation ou ce synchronisme. Derrière l'apparent chaos l'ordre règne mais nous n'en connaissant pas les règles. Pourrait-on modéliser le monde qui nous entoure, c'est-à-dire, le traduire sous forme d'équations mathématiques et de ce fait, pouvoir prédire ses comportements futurs, si le hasard régnait ? La notion de probabilité démontre notre degré d'ignorance des lois physiques, pas de l'existence du « hasard ».

Un ensemble sans limite constitué d'une infinité de sous-ensembles distincts, chacun d'eux modélisé de manière spécifique, obéissant à une collection de lois physiques ?

Cette interrogation est légitime et est motivée par l'historique et l'état de la recherche scientifique. Des lois sont découvertes, relatives à un ensemble de phénomènes et un processus de pré-unification est enclenché. Plusieurs théories permettant de prévoir le comportement de différents systèmes donnent le sentiment d'être disjointes, sans lien les unes avec les autres, malgré les nombreuses tentatives. L'Univers serait alors un immense « puzzle » raté, mal construit parce que mal conçu et impossible à assembler. Un tel gâchis est, à n'en pas douter, invraisemblable !

Un ensemble harmonieux gouverné par une seule et unique théorie ?

Pour ma part, j'en suis tout à fait convaincue. Mais pourrions-nous jamais réaliser le tour de force de construire cette théorie de manière complète par le biais de laquelle nous pourrions déterminer l'état de l'Univers en chacun de ses points, à tout instant, avec une grande précision ? Je reste profondément sceptique sinon incrédule.

L'Univers est complexe, nous est-il besoin de le noter ? À notre échelle, il est infiniment grand et infiniment petit, ce qui nous le rend inaccessible. N'oublions pas de mentionner nos limitations, telles que déjà discuté précédemment. Il existe une infinité de facteurs entrant en jeu et une infinité d'événements, lents ou extrêmement rapides, ténus ou violents, connectés par une infinité de liens non encore découverts. Toutes ces infinités écrasantes renvoient l'homme à sa faible condition humaine. Et si, par le plus grand des miracles, nous parvenions à surmonter ces difficultés, nous n'aurions accès qu'à une réalité parmi tant d'autres¹⁷.

LA CONNAISSANCE EST AU BOUT DE L'INFINI

Il existe donc une théorie du TOUT mais nous ne parviendrons pas à la construire de façon COMPLÈTE de manière à ce que tout ce qui se passe dans les univers soit prévisible avec une grande précision. Trop de limitations intrinsèques nous imposent de faire ce constat. Une gigantesque partie de notre cible de recherche nous est inaccessible mais certainement active au sein de cette incommensurable étendue.

¹⁷ Supposant que vous avez eu le courage de parcourir le paragraphe « Sémantique », ce commentaire doit certainement vous paraître clair.

Comment, alors, l'intégrer dans un modèle unificateur ? Il faut nous rendre à l'évidence. Nous pourrions construire une théorie unificatrice approchée, aux prédictions plus ou moins précises selon notre avancement. Cette théorie maîtresse, constituée de concepts génériques chapeauterait plusieurs sous-théories de moindre envergure mais plus précises.

J'aime à croire et à dire que la Connaissance, avec sa vénérable majuscule, est au bout de l'infini, donc elle aussi inaccessible. Nous tentons d'y parvenir de connaissances en connaissances et c'est peut-être, là, une des raisons d'être de l'Humanité. Qui sait ?

ooo

CHAPITRE II

UN BREF TOUR D'HORIZON

« Les lettrés sont ceux qui ont lu dans les livres ; mais les penseurs, les génies, les flambeaux de l'humanité et les pionniers de la race humaine sont ceux qui ont lu directement dans le livre de l'univers. »

Arthur Schopenhauer (1788 - 1860)

«... dans la vie, dans le voyage de notre vie, tout est porte et rien n'est clé. »

Serge Bouchard (1947 -)

LE MODELE STANDARD - UN UNIVERS PEUPLE DE POINTS

Selon le modèle standard, notre univers est constitué de particules, c'est-à-dire d'objets ponctuels, sans dimension (sans longueur, sans largeur, sans hauteur). Le concept nous est familier et permet de simplifier l'étude de mouvements particuliers d'un solide (assimilé au mouvement de son centre de masse). Dès lors qu'on s'intéresse à la rotation de ce solide sur lui-même on abandonne cette miniaturisation et le solide reprend, nécessairement, ses dimensions étendues. La raison en est évidente. Rappelez-vous ces exemples classiques du patineur effectuant des pirouettes et contrôlant sa vitesse de rotation selon la position de ses bras. Une rotation est définie par rapport à un point (centre de rotation) ou un axe de rotation. Seul le centre (ou l'axe) de rotation reste immobile durant ce mouvement.

La notion d'objet ponctuel en rotation implique que l'objet en mouvement se confond avec son centre de rotation. Une particule qui tourne sur elle-même se révèle être un objet qui tourne et qui ne tourne pas et ce, simultanément ! Hum...

En physique des particules on oublie allègrement de faire la différence dans le but de simplifier le modèle. Une particule reste ponctuelle même si elle est théoriquement observée d'assez près pour justifier un élargissement de ses dimensions. La particule-point peut tourner sur elle-même (on parle de spin). Les accélérateurs projettent des points qui heurtent à grande vitesse des points-cibles qui se brisent en... d'autres points. Et dans tout cela, nombre d'entre eux tournent sur eux-mêmes. Un modèle qui laisse perplexe. Il y a tant de choses à admettre !

PARTICULE POINT ? PARTICULE ? ONDE ?

La notion de « particule point » est intéressante lorsqu'il s'agit, par exemple, de simplifier le mouvement d'un solide en le réduisant à une translation, la masse du solide étant virtuellement concentrée en un point de ce solide, soit son centre de masse ou barycentre. Cette approximation suppose un certain nombre d'hypothèses. L'une d'entre elles repose sur le fait que le mouvement du solide est observé d'assez loin pour pouvoir négliger tous les mouvements, incluant les rotations du solide sur lui-même, excepté la translation. Hors de ce cadre, la notion de « particule-point » n'a aucun sens. Une particule de dimension nulle (point) n'existe pas.

Il en va tout autrement lorsqu'il s'agit d'une particule. Du moins en ce qui concerne la physique. Ce type d'objet contenant de la matière, de l'énergie, a des dimensions, petites, certes, néanmoins

étendues. À moins de précision contraire, c'est le sens que nous donnons au terme particule dans cet ouvrage.

Un grain de sable est une particule à forte dose de silice.

Un photon est assimilable à une particule contenant de l'énergie. Ce qui suit clarifie ce point.

Comme nous le savons tous, il est parfois commode, pour notre compréhension des phénomènes étudiés en physique des particules, de, tantôt, considérer ces objets comme des particules, tantôt comme des ondes. Nous visualisons clairement le choc de deux particules (deux boules de billard, par exemple). L'exercice demande beaucoup d'entraînement mental pour imaginer le choc de deux ondes. Similairement, lors de phénomènes d'interférence, nous utilisons la représentation onde. C'est, tout le monde l'a compris, la fameuse dualité onde-corpuscule.

Une onde est une vibration qui se déplace dans un milieu. C'est donc un phénomène variable dans le temps et l'espace. Comment créer cette onde ? Vous pourriez, par exemple, jeter un caillou dans un bassin d'eau calme. Vous créez ainsi une perturbation de la surface de l'eau à l'endroit où est tombé le caillou - c'est donc une perturbation localisée initialement au point d'impact eau-caillou. Cette perturbation, comme son nom l'indique, « dérange » les molécules d'eau adjacentes. Ces dernières, à leur tour, troublent leurs voisines et la perturbation se propage ainsi de proche en proche. Vous observez alors une série de vaguelettes centrées sur la source (le point d'impact eau-caillou). La perturbation causée par la chute du caillou est de courte durée (le temps d'impact). Le choix de la taille et forme du caillou permettra d'obtenir une perturbation spatialement très localisée, bouleversant, au moment de l'impact, une toute petite surface de l'eau puis se propageant.

Il est permis de se représenter le photon comme une perturbation qui se propage dans l'espace. C'est une onde. Lorsque cette perturbation est spatialement localisée (restreinte à une portion réduite de l'espace), il est tentant de l'assimiler à une particule, un paquet contenant de l'énergie vibratoire se transmettant de proche en proche au milieu environnant. La dualité onde-particule, annoncée par Louis de Broglie au début du siècle dernier, est donc toute naturelle et ...réelle.¹⁸.

¹⁸ Bien que démontrée par Schrödinger, cette dualité n'a pas de réalité physique pour de nombreux physiciens, , opinion partagée par les contemporains de Louis de Broglie, au vif agacement de ce dernier.

BOSONS ET FERMIONS

Selon le modèle standard, les bosons élémentaires sont des particules représentantes des forces dites fondamentales (électromagnétisme, force nucléaire et radioactivité).

Les bosons sont des particules très sociables et aiment se ressembler et se rassembler. Ils ne cherchent pas à se différencier du groupe. On leur doit, entre autres, la superfluidité et le rayonnement électromagnétique.

Les fermions, par contre, sont plus originaux et ne supportent pas de ne pas être uniques. Mais, ne vous y trompez pas ! Ils sont tout le contraire d'antipathiques. On leur doit la merveilleuse diversité de notre Univers. Et si une pomme et une poire ne peuvent être confondues, nous le devons à la singularité des fermions. Ils sont, malgré les apparences, relativement conciliants. Lorsqu'ils sont « gelés »¹⁹, ils acceptent de ressembler aux bosons, à condition d'être deux²⁰. Ils forment alors des paires de Cooper. Ils sont à l'origine, sous certaines conditions, de la superfluidité ou la supraconductivité (lorsqu'ils acceptent de ressembler à des bosons, ils adoptent alors un comportement que mon néologisme qualifie de « *bosonique* »). Ceci n'est qu'un aperçu de la diversité à laquelle les fermions participent.

LIMITATIONS DU MODELE STANDARD

Le modèle standard qui a près de soixante-dix ans a largement fait avancer notre compréhension des interactions entre particules élémentaires²¹. Il a, en cours de route, bénéficié, lui aussi, de concepts avancés par la toute jeune théorie des cordes (la supersymétrie, par exemple) qui se développait du fait des limitations constatées du modèle standard.

Cependant, ce modèle :

N'inclut pas la force de gravitation.

¹⁹ Petit jeu de mots que le lecteur nous pardonnera: en effet, les fermions doivent être à très basse température.

²⁰ Associé à un comportement « bosonique » de deux fermions formant une paire de Cooper.

²¹ Il y a seulement quelques années, l'expression « particule élémentaire » signifiait « particule insécable ». Très récemment, sa définition est empreinte d'une modestie de bon aloi puisqu'elle s'édicte de la manière suivante: particule dont on ignore la composition.

Réduit notre monde à des particules. La mécanique quantique permet d'assimiler ces particules à des perturbations s'étendant sur une très courte distance²². Actuellement le modèle se limite à 12 fermions (6 quarks, 6 leptons dont les 3 neutrinos), 4 bosons élémentaires (photon, boson Z et W, gluon) représentant la force électromagnétique, celle dite d'interaction faible (radioactivité) et celle dite d'interaction forte (intérieur du noyau des atomes). Le célèbre boson de Higgs fait aussi partie de ce modèle mais de manière diffuse. On pense l'avoir découvert en 2012 (certains en doutent encore). Il y en aurait même plus d'un. Le LHC nous en dira plus sous peu.

Ne cesse d'ajouter des champs et paramètres nouveaux (plus de 50 actuellement) selon le type d'expérience. Cela ressemble à un catalogue d'éléments disparates, un modèle non complet tentant de le devenir par analyse au cas par cas.

N'explique rien. Les physiciens utilisent les résultats expérimentaux pour améliorer le modèle et faire des prédictions mais sans expliquer le pourquoi des interactions observées ni le pourquoi des résultats obtenus.

N'explique pas la matière noire.

Se révèle insuffisant et des questions importantes restent sans réponse (on pense que le boson de Higgs peut tout expliquer, d'où son importance).

Quand on cherche à comprendre un phénomène, on s'appuie généralement sur l'une ou l'autre des deux théories reconnues (mécanique quantique ou relativité générale) du fait même de leur domaine d'application. Mais (car il a un *mais*), en physique des particules à énergies élevées (particules massives), il faut faire appel aux deux théories. Et là, BOUMBADABOUM ! La mécanique quantique (le monde de l'infiniment petit) et la relativité générale (le monde galactique) sont incompatibles et donnent des résultats aberrants -- Un réel casse-tête pour les scientifiques de l'époque..

POURQUOI UNE NOUVELLE THEORIE ?

Le modèle standard possède les attributs inhérents à une théorie pionnière, avec tout ce que cela implique en termes d'innovation ; elle a le mérite d'avoir provoqué l'apparition d'autres théories du fait même de son caractère précurseur. En effet, ce modèle, celui décrivant l'univers comme un ensemble de particules²³ (soit des points en mouvement), a ses carences et ne répond pas à certaines questions importantes. Ses créateurs ont eu le grand mérite de construire un premier édifice qui a contribué à

²² Concept inclus dans la bien connue et mal nommée « relation d'incertitude d' Heisenberg ».

²³ La matière et les champs de force sont assimilés à des particules ponctuelles.

accroître notre compréhension de l'Univers. Si ce modèle a atteint ses limites, une autre vision s'impose.

Néanmoins, comme toute invention ou création scientifique, cette approche s'appuie sur les connaissances antérieures, acquises au cours des siècles. Il ne saurait en être autrement. De nouveaux concepts sont greffés ou combinés aux anciens agréés par la majorité pour donner naissance à l'innovation. La théorie des cordes bénéficie, elle aussi, des découvertes acquises par le modèle standard.

De nouvelles idées couronnées de succès ont aussi surgi d'hypothèses jugées erronées. Il va de soi que l'ouverture d'esprit est un moteur de progrès dans tout domaine.

Chacun contribue à sa façon aux avancées scientifiques et l'optimisme doit régner -- l'échec est une forme d'avancée scientifique. Malgré les apparences, la communauté scientifique est solidaire, membre d'une même cordée.

ooo

CHAPITRE III

LES LIMITES DE LA MODÉLISATION

« Un être offre à chaque regard un visage différent modelé sur le regard même. »

Monique Corriveau (1927-1976)

«La culture est basée sur l'individu, les médias mènent vers l'uniformité ; la culture éclaire la complexité des choses. Les médias les simplifient. »

Milan Kundera (1929-)

À PROPOS DE LA MODELISATION

Commençons ce bref tour d'horizon par quelques exemples.

Le comportement de la suspension d'une voiture peut être étudié, avant même de construire cette voiture, par le biais d'un calculateur analogique ou numérique. Un ensemble de composants électroniques connectés de manière adéquate, quelques équations mathématiques et paramètres injectés à l'entrée du calculateur et le tour est joué. On obtient, en sortie, une réponse permettant d'analyser le confort des passagers lorsque le véhicule roule sur un chemin de campagne ou rencontre un nid-de-poule, par exemple. N'ayons que peu d'attentes. Ce modèle ignore un grand nombre de facteurs pour être vraiment fiable. Il peut, tout au plus, servir d'outil pédagogique.

Des programmes informatiques très élaborés, à base de calculs probabilistes et de données factuelles (mesures sur de longues périodes de temps, relevés couvrant une vaste région, etc.) aident à prédire, avec une précision relative, les fluctuations de l'économie d'un état ou les variations météorologiques d'une région.

Les prévisions météorologiques n'ont pas la réputation d'être totalement fiables. De manière similaire, nos oracles de l'économie sont généralement très brumeux. Ce manque de fiabilité est attribuable, en grande partie, à l'ignorance qu'ont les experts du domaine, de l'importance de certains facteurs et de l'existence d'éléments souvent difficilement prévisibles. Jouent également un rôle non négligeable les coûts associés à une modélisation plus fine, à la pertinence de cette dernière.

Représenter un système (objet, phénomène, relation) réel par un modèle revient à le simplifier et à le virtualiser. La modélisation rend de précieux services aux scientifiques de tous domaines, aux pédagogues, aux ingénieurs, etc. Par le biais du modèle, les simulations permettent de prévoir le comportement du système sous étude. Cependant, la simplification introduite a des conséquences néfastes sur la précision des prévisions. La fiabilité du modèle est en jeu.

Négligeant cette dernière considération, comment accroître la fiabilité du modèle ? Faut-il alors construire un modèle plus complexe ou plus compliqué ?

COMPLEXITE²⁴ ET COMPLICATION

Ces deux termes ne sont pas interchangeables, leur signification respective étant profondément différente. Pour fixer les idées, voici quelques exemples.

Glücklich fait partie de ces personnes privilégiées puisqu'il peut se rendre à son bureau à pied, soit une promenade de quelques minutes. Mais il décide, néanmoins, de prendre le métro (dix minutes de marche) afin d'attraper ensuite l'autobus (soit vingt minutes supplémentaires). Il a tout lieu d'être satisfait : il est déposé exactement devant la porte de son lieu de travail.

Sans être devin, je sais ce que vous pensez. Tout cela est bien compliqué ! Il y a plus simple. Ne nous attardons pas sur les mille et une façons de faire plus simple. Ce qui nous intéresse ici, c'est le mot « compliqué » qui vient de vous passer à l'esprit. Une situation compliquée peut toujours être simplifiée. Une situation complexe ne peut l'être.

L'Univers n'est pas compliqué. Il découle d'une réalité complexe,...très complexe ! L'être humain est complexe. Son cerveau a une structure complexe, c'est le moins qu'on puisse dire. Il est, actuellement, impossible de toucher à une partie du cerveau sans créer d'autres problèmes ailleurs. La complexité de cet organe prodigieux est indispensable et est à l'image de notre propre complexité.

Lorsqu'une situation présente de nombreux facteurs incontrôlables, de nombreuses interactions entre ces facteurs, elle peut être qualifiée de complexe. Tentez de simplifier la situation (en réduisant le nombre de facteurs ou de relations, par exemple) et vous êtes alors en présence d'une situation différente, n'ayant que très peu de rapport avec la situation initiale.

La complexité des nombreux systèmes nous entourant amène les scientifiques à construire des modèles (physiques, mathématiques, économiques, sociaux...).

Modéliser un phénomène revient à assembler des éléments et à introduire des règles, le tout devant être susceptible de nous aider à comprendre le phénomène sous étude. Cette représentation est, au départ,

24 La plupart des auteurs associent complexité et imprévisibilité, adoptant ainsi la définition académique de la complexité. Cette vision ne fait pas l'unanimité. Un système ou un phénomène complexe, n'est pas immanquablement imprévisible. Sa complexité reflète essentiellement un compromis optimal entre efficacité de conception (irréductibilité) et rendement maximal. Il est certain que cette complexité intrinsèque rend l'objet sous étude plus difficile à saisir. Pourtant, on peut considérer qu'il est de structure ou de comportement complexe bien qu'il soit totalement compris.

fortement tributaire de notre propre perception du phénomène. Les constituants du modèle peuvent faire ou non partie du monde concret, accessible à nos sens. Modéliser un système complexe se révèle... complexe (une lapalissade, j'en conviens !).

Par comparaison, un modèle compliqué est nécessairement un modèle mal conçu et gagne à être simplifié. Un modèle complexe ne peut être simplifié sans perdre de sa puissance, voire de son utilité. Simplifier un modèle complexe revient automatiquement à le rendre incomplet.

Un système reconnu complexe est « non simplifiable ». On le dit « irréductible ».

Le modèle de l'Univers que tente de formaliser la théorie des cordes fait intervenir des éléments abstraits, non tangibles et surtout non directement observables ; seuls leurs effets pourraient l'être. Il est donc hautement complexe.

LE PARADOXE DE LA MODELISATION DES SYSTEMES COMPLEXES

Un système réel complexe est non réductible, non simplifiable. Or la modélisation va tendre à le simplifier de manière à le rendre accessible à la simulation, aux prédictions de comportement. On en déduit donc qu'un système complexe ne peut être modélisé. Sa modélisation ne saurait qu'être approchée. Ce sentiment de limitation et d'inaccessibilité nous est familier, n'est-ce pas ?

MESURER LA COMPLEXITE

Pour tenter de déterminer le degré de complexité d'un problème, on tient compte, entre autres, du nombre d'objets à manipuler, des états possibles pris par chacun des objets (exemple : un objet binaire a deux états possibles), du nombre d'opérations ou de processus élémentaires à effectuer pour arriver au résultat. La solution optimale sera celle permettant de minimiser le nombre de processus élémentaires ou opérations, élémentaires également, mis en jeu.

REPRESENTATION RESTREINTE

Si l'on en croit le paradoxe énoncé plus haut, : le modèle est un reflet, plus ou moins vague, de l'original. Un modèle s'attache à quelques aspects de l'entité modélisée, rarement à la majorité des aspects et probablement jamais à tous les aspects si l'entité est complexe et mal connue.

Un neurone peut être représenté par un circuit électronique disposant de plusieurs entrées/sorties, capable d'effectuer un certain nombre d'opérations mathématiques et disposant d'une fonction de seuil de déclenchement. Vous trouvez cela réducteur et vous avez raison.

Que dire alors de la représentation d'une veine sanguine : les valves, ne laissant passer le sang que dans un sens, sont assimilées à des diodes ?

En général, le modèle représente quelques facettes du phénomène modélisé. Quand il s'agit de représenter l'Univers, les facettes sont infinies. Si l'on devait s'attacher à modéliser toutes celles perçues ou la majorité de celles-ci, la tâche serait impossible. Plus il y a d'aspects à modéliser, plus le modèle devient complexe et lourd à manipuler. Même s'il le voulait, un modèle ne représente pas toute la réalité mais seulement une portion de celle-ci. Cette réalité est encore plus réduite si l'on songe que nous ne pouvons percevoir la RÉALITÉ, quelle qu'elle soit, qu'à travers notre propre espace-temps (ce que pensait déjà Emmanuel Kant au XVIIIe siècle). En d'autres termes, nous filtrons l'information et c'est une information filtrée (réduite) que nous tentons de représenter par le modèle.

INTERPRETATION DES RESULTATS

Notre interprétation des résultats est étroitement influencée par le modèle élaboré. Dans un monde de particules, on tentera d'expliquer les observations par le biais d'interaction de particules, la dualité onde-corpuscule étant insuffisamment exploitée à ce niveau. Certains résultats retournés par le modèle ne pourront donc pas expliquer tous les comportements du phénomène, Les autres aspects, indirectement actifs mais non inclus dans le modèle vont toutefois influencer les résultats. Cette conjoncture peut donner lieu à des interprétations plus ou moins acceptables.

Avec des paquets d'onde, les comportements étudiés seront naturellement associés à des mouvements vibratoires. Et croyez-moi, cela peut être à l'origine de profondes divergences.

En théorie des cordes, l'Univers est assimilé à un ensemble de cordes vibrantes alors qu'en théorie des particules, l'Univers est constitué de points. L'interprétation des résultats, évidente dans le cadre de la première théorie, est *tirée par les cheveux* dans celui de la seconde.

Il est vrai que, vu de loin, un paquet quantique plein de vibrations ressemble à un point (particule) mais un paquet peut contenir des choses (de l'énergie, par exemple) ou tourner sur lui-même. Sa dimension étendue ne peut être « oubliée ».

Et ainsi, j'ai toujours interprété les résultats de la physique quantique en considérant des paquets vibrants non ponctuels. Mes interprétations diffèrent de celles généralement admises (pour ne pas dire *ânonnées*) mais il ne s'agit que de l'interprétation, pas de la validité des résultats ni d'une remise en question de la mécanique quantique, ce merveilleux outil mathématique. Cela peut pourtant faire une énorme différence. Nombre de paradoxes de la théorie n'en sont pas selon moi (le chat de Schrödinger, par exemple, pour ne nommer que celui-ci). Le monde quantique, s'il est fascinant, n'est pas la montagne de mystères que l'on tente de faire croire.

MODELISER - CONCLUSIONS

Les résultats renvoyés par le modèle sont aussi étroitement liés à la manière de construire le modèle.

Le modèle représente notre PERCEPTION de l'Univers et prend en compte ce que nous en OBSERVONS.

Notre perception, tout comme nos capacités d'observations, reste limitée.

L'image de l'Univers renvoyée par le modèle n'EST PAS l'Univers, seulement ce qu'il nous en paraît.

ooo

CHAPITRE IV

DE L'HUMAINE NATURE

« C'est pas parce qu'ils sont nombreux à avoir tort qu'ils ont raison. »

Coluche (1944-1986)

« Les grands esprits ont toujours rencontré une opposition farouche des esprits médiocres. »

Albert Einstein (1879-1955)

LUDWIG EDUARD BOLTZMANN

Ce passage se veut un hommage à un prestigieux scientifique dont on ne mentionne pas assez souvent le nom (à tort) et l'immense contribution à la physique moderne.

Ludwig E. Boltzmann (20 février 1844- 5 septembre 1906) est un guerrier mort au combat.

Physicien autrichien, il fut le premier à décrire la nature de l'Univers telle que nous la voyons aujourd'hui. Il est connu pour sa théorie cinétique des gaz et son invention de la mécanique statistique. Il a introduit le calcul des probabilités (largement utilisé par la suite en mécanique quantique) pour décrire les propriétés des atomes et leurs impacts sur les propriétés macroscopiques de la matière. Il est le père de la thermodynamique (que nous connaissons tous de par ses applications dans notre quotidien, pour ne citer que ce domaine). Il est l'un des piliers fondateurs de la physique moderne. Ses travaux ont permis une avancée prodigieuse de la physique. Il a, sans conteste, ouvert la voie aux prestigieuses découvertes qui ont suivi.

Les physiciens de son temps n'étaient pas préparés à toutes ses idées révolutionnaires et Boltzmann rencontra une très forte opposition de la part de ses collègues. On nia, de manière pure et simple, la validité de ses travaux. Les jeunes scientifiques, (dont Sommerfeld), moins réfractaires aux idées nouvelles, soutenaient Boltzmann.

Il quitta ce monde sans avoir connu le succès que méritaient ses travaux : il se suicide en septembre 1904.

On ne peut s'empêcher de penser qu'avec cette mort prématurée, une possibilité de progrès nous a échappé. Boltzmann aurait pu poursuivre et donner naissance à de nouvelles avancées scientifiques et technologiques. Qui sait ? N'avons-nous pas manqué quelque chose de merveilleux ? Consolons-nous et supposons que cette possibilité s'est peut-être réalisée dans un autre monde parallèle. Voilà une excellente occasion d'appliquer nos connaissances : les prédictions d'univers parallèles ou de possibilités, telles que suggérées par la mécanique quantique sont réconfortantes. Plaisanterie ? À peine !

Boltzmann avait raison ! Mille fois raison ! Ses travaux furent reconnus par la nouvelle vague de scientifiques et les résultats ont influencé depuis cent dix ans pratiquement tous les domaines : de la p à l'économie en passant par la théorie de l'information, les sciences Sociales et la philosophie. Qui n'a pas entendu parler de l'entropie d'un système ?

En hommage à son génie précurseur, on a fait inscrire, sur sa tombe, sa formule de l'entropie S :

$$S = k. \log W$$

Il n'a pas eu de prix Nobel (qui existait déjà depuis 1901). Et la petite constante « k » qui apparaît dans sa formule de l'entropie est appelée « constante de Boltzmann ». Il reste un parfait inconnu pour nombre de personnes, hormis les physiciens et quelques mathématiciens.

Pourtant, force est de constater que nul n'ignore qui était Albert Einstein. Cela laisse songeur.

SATYENDRA NATH BOSE - LA BEATITUDE BOSONIQUE

Né à Calcutta, Bose (1894 - 1974) est un autodidacte se passionnant pour la physique, les mathématiques, la biologie, la minéralogie, la chimie et les arts. Il parle bengali, français, allemand. En 1916 il se familiarise avec la théorie en vogue, la relativité.

Enseignant à l'université de Dacca, Bose tente, en 1920, de publier un article de 4 pages. On l'ignore encore mais cet article ouvre la voie à une technologie du futur, celle des lasers.

Dans cet article, il expose ses travaux sur les statistiques quantiques des photons. étendant la statistique classique de Boltzmann à des photons, à basse température. Bose se base sur la possibilité de maintenir plusieurs photons dans le même état énergétique²⁵. Une généralisation à des particules massives (le photon étant dit non massif) suit peu après²⁶. Ce nouvel état de la matière (autre que gazeux, liquide ou solide) sera plus tard appelé condensat²⁷.

Boltzmann s'intéressait au comportement des particules indépendantes les unes des autres (les gaz parfaits, par exemple) possédant une importante agitation thermique. Bose étudie le comportement de particules (des photons), l'agitation thermique étant fortement calmée de manière à pouvoir les rassembler dans un seul et même état énergétique.

²⁵ Il faut se placer dans le cas de très basses températures, proches du zéro absolu soit -273 degrés Celsius.

²⁶ Dirac donnera à ces particules le nom de bosons, en référence à Bose.

²⁷ Dans ce nouvel état de la matière, les bosons sont à très basse température, complètement indiscernables les uns des autres -- tous dans le même état énergétique et forment un « collectif » .

« Condensés », les bosons sont alors dans un état d'énergie extrêmement faible. La nature recherche ces niveaux d'énergie, nous en discuterons au paragraphe « LE CARACTÈRE ZEN DE DAME NATURE », chapitre V.

Le condensat serait-il l'atteinte de la béatitude bosonique ? Il est vrai qu'ici, nous forçons la nature à aller vers cet état particulier puisque la température est, dans ce cas, extrêmement basse (quelques nanodegrés Kelvin, la température la plus froide de l'Univers).

L'article est refusé par le *Philosophical Magazine*. Bose tente sa chance auprès d'autres milieux scientifiques mais l'accueil est toujours le même : rejet de l'article. Fort heureusement pour la science, Bose est tenace. Malgré ses 30 ans, il est convaincu que ses travaux ont plus de valeur que ne le pense la communauté scientifique. En désespoir de cause, il ose et, en 1924, envoie son article à..... Albert Einstein. Ce dernier, immédiatement très enthousiasmé par ce qu'il y découvre, recommande le document au *Zeitschrift fuer Physik* pour publication au nom de Bose, après traduction en allemand. Les travaux de Bose inspirent fortement Einstein : il prédit le phénomène des condensats, les condensats de Bose-Einstein²⁸. L'existence de ces derniers, impossible à vérifier expérimentalement en ce temps, compte tenu de l'état de la technologie, n'est mis en évidence qu'en 1995, soit soixante-dix ans après sa prédiction.

Einstein et Bose avaient quitté ce monde depuis de nombreuses années.

La collaboration Bose-Einstein s'est poursuivie. Appuyée par le prestigieux Maître de la physique, la carrière scientifique de Bose s'est poursuivie avec succès.

APPRENDRE DE L'HISTOIRE

Que cette phrase résonne bien quel que soit le domaine ! Allons droit au but avec quelques exemples :

Je vous épargne l'historique du terme « atome » que vous connaissez (du grec « *atomos* » qui signifie « indivisible »). Faisons un saut dans le temps, vers une époque relativement récente et notons le déroulement de certains événements.

²⁸ État quantique de plus basse énergie obtenu à très basse température où les atomes s'accumulent.

Les connaissances scientifiques évoluent et depuis l'atome ne mérite plus son nom : il n'est pas indivisible.

On affirme l'existence des deux particules *élémentaires* (donc indivisibles) : le noyau et l'électron. Le noyau de l'atome est élémentaire puis on découvre les protons et neutrons dans ce noyau.

Ah ! Donc le noyau n'est pas une particule élémentaire mais les protons et neutrons sont des particules élémentaires.

Puis, la technologie des accélérateurs évoluant, on découvre que protons et neutrons ne sont pas des particules élémentaires : ils contiennent des quarks.

Ah ! Bien ! Les quarks sont des particules élémentaires et tous les physiciens en sont convaincus. Osez émettre l'hypothèse contraire et on vous rira au nez.

Ces trois quarks élémentaires se sont révélés être au nombre de six : six quarks... élémentaires.

Jusqu'à tout récemment, on pensait que les noyaux des atomes étaient formés de 2 de ces particules « élémentaires » - les mésons - ou de 3 quarks - les protons et les neutrons, par exemple. De nouveaux résultats semblent démontrer l'existence de noyaux possédant 3 quarks et 2 antiquarks - les pentaquarks.

Et l'électron dans tout cela ? Il demeure résolument élémentaire même si des confrères ont tenté de proposer l'hypothèse contraire. L'exploration de cette voie n'est même pas envisagée tant on est convaincu du bien-fondé du caractère indivisible de l'électron.

Le neutrino est une particule sans masse. Non ! En fait on a découvert qu'il ne pouvait pas ne pas avoir de masse. Cette découverte a remis sur la scène la théorie de Ettore Majorana²⁹, théorie ignorée depuis 1932. Ce n'est que vers la fin du XXe siècle que la communauté scientifique découvre le potentiel de cette théorie du « neutrino Majorana ». Cette dernière permet d'expliquer les oscillations du neutrino, la double désintégration bêta avec et sans neutrino et d'autres phénomènes inexpliqués auparavant.

Depuis cinquante ans on recherche LE boson de Higgs. Il semble aujourd'hui qu'il y en ait plus d'un.

Le cas du vide est assez remarquable. Le vide est vide. Le vide n'est pas vide. Le vide est immobile. Le vide subit de violents spasmes. Depuis des siècles, le vide passe par toutes sortes de formes. Le

²⁹ Ettore Majorana (1905 - ?), physicien italien, émet une hypothèse trop révolutionnaire pour être considérée, à savoir que le neutrino est sa propre antiparticule, contrairement à ce que postulait le grand Dirac.

XXe siècle a vu le vide se métamorphoser en une immense étendue de mousse quantique en constante effervescence du fait de la présence de matière et antimatière (l'idée me ravit).

C'est évident ! Ce qui est vrai aujourd'hui peut ne plus l'être demain. Tout scientifique comprend cela. Alors, soyons moins catégoriques, moins péremptoirs, moins... arrogants. Plus on apprend, moins on en sait !³⁰

Un espoir pointe à l'horizon : certains physiciens commencent à s'exprimer prudemment. Les expressions sont plus circonspectes et on entend, peu fréquemment, hélas, des propos tels que

« Dans l'état actuel de nos connaissances... »

Ou encore

« La particule Y que l'on suppose être élémentaire... »

Mais cela a pris tant de temps ! Pourtant nous *prétendons* apprendre PAR et DE l'expérience.

Un scientifique sait pertinemment que ce qu'il sait est incertain. C'est là toute une sagesse. Ne retrouve-t-on pas dans Ph.D. le mot « philosophie » (ami de la Sagesse, ami des Sciences) étroitement connecté au terme « physicien » ?

Que penser du terme « Docteur » souvent associé à une certitude du savoir, certitude fallacieuse?

Un modèle, nous le savons, peut être plus ou moins précis. On en extrait des prédictions qu'il faut se garder de tourner en « Vérités » ou certitudes. L'Univers n'EST pas systématiquement tel que le modèle le prédit.

L'Univers pourrait, PEUT-ÊTRE, ressembler à ce que le modèle prédit. Nul n'est infallible

ooo

30 Pardonnez ce lieu commun.

CHAPITRE V

MINI-ABC DE LA THÉORIE DES CORDES

« La patience est le pilier de la sagesse. »

Frédéric Mistral (1830 - 1914)

« Les symphonies de la nature ne connaissent pas de point d'orgue. Le monde n'est jamais silencieux ; son mutisme même répète éternellement les mêmes notes, selon des vibrations qui nous échappent. »

Albert Camus (1913 - 1960)

SON BUT

L'objectif est de taille ! Comprendre l'Univers, le Multivers et les lois les régissant -- cesser d'avoir de multiples explications associées à chacun des multiples phénomènes observés -- rechercher des approches globales et ne plus réagir au cas par cas. La beauté de l'Univers résulte, en grande partie, de cette structure générique d'une infinie harmonie. Ne faire qu'UN avec l'Univers ne devient un lieu commun que dans la mesure où l'on ignore l'existence de cette merveilleuse et complexe imbrication de concepts génériques le structurant. Il suffit d'observer la Nature pour s'en convaincre.

Le modèle doit se rapprocher autant que possible de cette harmonie. L'Univers ne peut être un bric-à-brac de phénomènes non connectés. Il nous faut une théorie globale, unique et unifiant les théories existantes encore incomplètes mais pourtant fiables, une théorie à l'image de notre Univers, des univers, des multivers. Que voilà un très ambitieux programme !!

La théorie des cordes³¹ est encore une théorie en construction. Elle est basée sur deux hypothèses essentielles :

- L'Univers est constitué de cordes vibrantes.
- Il existe d'autres dimensions hormis celles que nous percevons.

Elle fait intervenir des notions familières telles que l'espace-temps, sa déformation par la gravité (relativité générale) et est en accord avec les principes de mécanique quantique. Les particules-points sont maintenant des éléments étendus vibrants nommés cordes (dessinez donc des petites ondes dans mes petits paquets vibrants et voyez ce que cela vous inspire). Ces cordes ne sont donc pas ponctuelles. Elles ont une longueur intrinsèque et peuvent avoir leurs extrémités libres ou fixes. Mais, elles peuvent aussi se refermer sur elles-mêmes et, dans ce cas, nous avons des boucles. Elles peuvent être très courtes ou bien longues.

Si l'Univers est formé de cordes, faisant nous-mêmes partie de cet Univers et constitués des mêmes ingrédients de base, serions-nous également constitués d'un ensemble hautement complexe de vibrations ?

³¹ Pourquoi cette appellation « Théorie des cordes » ? À partir de la formule de diffusion des particules en interactions fortes de Gabriele Veneziano, on constate que le spectre de particules est, dans son expression mathématique, très semblable au spectre de vibrations d'une corde relativiste.

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES D'UNE CORDE

Nous éviterons les formules : nous nous contenterons de vivre la physique des cordes au quotidien.

Comme pour une corde classique, on peut définir la tension et les modes de vibration d'une corde de la théorie. Ces grandeurs vont permettre de définir l'énergie d'une corde, d'où leur importance. Tel que promis, nous n'entrerons pas dans les détails techniques. Les conclusions nous intéressent particulièrement.

TENSION D'UNE CORDE

La tension d'une corde est la force qui s'exerce sur la corde lorsqu'on la tire par une de ses extrémités. On peut se permettre de tirer plus fort sur un câble en acier que sur un fil de soie. Mesurer cette tension pour une corde classique est commun mais, à l'échelle quantique, cette mesure devient infiniment plus complexe. On a évalué une valeur de tension de plusieurs milliers de milliards de tonnes !

FREQUENCE, LONGUEUR D'ONDE

Aucune formule -- promis ! Il est bon cependant de se souvenir que la longueur d'onde d'une vibration sinusoïdale et sa fréquence varient de manière inversement proportionnelle. Ce type de vibration présente, régulièrement espacés, une succession de maximums de vibrations, de minimums de vibration et de zones de vibration nulle. La distance entre deux maximums ou deux minimums successifs représente la longueur d'onde de cette vibration. Un signal haute fréquence (HF) a donc une courte longueur d'onde et, inversement, un signal basse fréquence (BF) a une grande longueur d'onde.

MODES DE VIBRATION D'UNE CORDE

Ce paragraphe fait référence à la figure reportée en annexe.

Imaginez une corde vibrant sous l'action d'un diapason. Pour certaines fréquences privilégiées du diapason, la corde vibre en présentant des ventres de vibration (maximums) ou des nœuds de vibration (minimums). On peut avoir un seul ventre (nœud) ou plusieurs ventres (nœuds) selon la fréquence. On parle de modes de vibration de résonance. L'exemple reporté sur la figure en annexe représente une

corde fixée à ses deux extrémités. Mais considérer une corde fixée à une seule extrémité seulement ou libre à ses deux extrémités est tout aussi valable. Seules les valeurs des modes de résonance sont modifiées.

Ces modes correspondent, comme nous l'avons mentionné, à des fréquences privilégiées. Dans ce cas, la distance ventre-nœud ou ventre-ventre ou encore nœud-nœud (distance reliée à la fréquence de vibration) s'exprime, bien sûr, en fonction de la longueur de la corde. Cette fréquence est donc une caractéristique de la corde. Un violon, une guitare fonctionnent sur le même principe. Cela justifie notre tentation visant à décrire l'Univers comme une symphonie cosmique, expression adoptée par nombre de physiciens des cordes.

Et cordes nous-mêmes, nous faisons partie de cette symphonie.

Sans hésitation, reprenons notre leitmotiv :

« Nous sommes tous des vibrations plongées dans une symphonie cosmique. »

ÉNERGIE D'UNE CORDE

Selon la théorie de la relativité, masse et énergie ne forment plus qu'un seul et même concept. La théorie des cordes, bien entendu, prend en compte la formule d'Einstein soit, $E = mc^2$ (Énergie = masse * vitesse de la lumière * vitesse de la lumière) établissant une équivalence entre une masse au repos et son énergie.

La longueur de la corde, sa tension, ses modes de vibration et son énergie sont des grandeurs reliées. Et ainsi, à partir du modèle d'une seule corde, on peut générer tous les objets ponctuels de la théorie standard ; il suffit de faire varier ces grandeurs pour voir défiler l'ensemble des objets connus : des photons (particules dites sans masse/faible énergie) aux très massifs trous noirs, en passant par les cordes cosmiques (objets gigantesques). Les caractéristiques telles que spin, masse, charge électrique, etc., sont déterminées par le mouvement de la corde autour de son centre de masse.

Et...Ö beauté du modèle ! Le graviton, représentant de la force de gravité, ce grand absent de la théorie standard, est naturellement présent et prédit par la théorie des cordes.

La masse et les interactions élémentaires sont définies par les modes de vibration de la corde (fréquences de vibration). Plus la fréquence est haute (modes vibratoires élevés) plus l'énergie est grande et plus la masse est importante, selon la relation d'équivalence d'Einstein entre masse et énergie.

Enfin nous allons pouvoir remplacer les particules par... des paquets d'ondes pleins de vibrations. Oui !
Rappelez-vous ! Une onde est une vibration qui voyage (qui se déplace, si vous préférez).

Ces petits paquets décrivent tout l'Univers, quelle que soit la taille des objets qu'il contient ; les caractéristiques de chaque paquet permettront de définir leur masse, leur charge électrique, etc.

LE CARACTERE « ZEN » DE DAME NATURE - UNE INTERPRETATION DE LA RELATION D'INCERTITUDE D'HEISENBERG

La physique se passionne pour l'observation de la nature. Un fait remarquable ne peut échapper à aucun physicien : la nature n'aime pas les états trop énergétiques, les états excités. Un ressort tendu va s'empressement de revenir à sa position de repos sitôt relâché. L'aiguille d'une boussole s'orientant parallèlement au champ magnétique terrestre obéit à cette loi de recherche d'énergie minimale. Un électron excité va se hâter de perdre cet excès d'énergie en émettant un photon. Les particules lourdes, donc très énergétiques, se transforment très rapidement en particules plus légères, moins énergétiques. Les systèmes naturels les plus stables (ceux qui ont une durée de vie relativement longue) sont dans des états d'énergie minimale.

C'est ce que traduit la relation d'incertitude d'Heisenberg³². Un objet se trouvant dans un état énergétique trop élevé pour sa stabilité tendra à s'en délester le plus rapidement possible. La durée de vie de cet état est d'autant plus brève que cette énergie est importante.

Et, ma foi, n'est-ce pas ce que le corps humain en bonne santé tente de faire à travers l'exercice physique, le yoga, la méditation ? Se décharger de ses tensions, libérer l'énergie excédentaire pour atteindre un état de détente -- le plus rapidement possible -- n'est-ce pas une manière de rejoindre son point d'énergie minimale ?

32 Werner Heisenberg (1901-1976) fut l'un des pionniers de la mécanique quantique et l'un des tout premiers fondateurs de la théorie des cordes (qui portait alors le nom de S-matrice). La relation d'incertitude portant son nom est plus connue sous une forme associant le couple localisation-impulsion que sous le couple énergie-durée de vie.

Le grand physicien Heisenberg a mis en équation un secret de la nature, pas si secret que cela en somme puisque nous l'observons à tout instant : une nature qui veut relaxer -- une nature *zen* -- une nature qui ne recherche que son minimum d'énergie (l'énergie minimale) pour exister.

LA RESONANCE — UN PHENOMENE MERVEILLEUX, SI REPANDU !

On parle de la résonance d'un système résonnant (Yvon Deschamps l'a bien dit : la langue française est très logique).

Le phénomène de résonance fait partie intégrante de notre quotidien et, selon ma perception, de nous-mêmes. On le retrouve à toutes les échelles et presque partout (je dirais même partout) dans la nature.

Un système capable de vibrer (comme nos cordes) possède ce que l'on nomme une ou des fréquences qui lui sont propres et qui, par conséquent, le caractérisent. La connaissance de ces fréquences particulières permet d'interagir de manière optimale avec ce système.

N'entrons pas dans des considérations techniques et plongeons résolument dans le sujet avec des exemples de la vie courante apparemment loin du sujet mais ne vous y trompez pas : cela reste une apparence. Si l'idée vous paraît trop hardie, dans ce cas considérez les exemples comme des analogies³³.

Pour établir une discussion amicale et intelligente avec sa chatte, conversation portant sur la meilleure marque de croquettes, Glücklich doit nécessairement s'adresser à elle dans une langue qui lui est claire. Et c'est exactement ce que fait Glücklich. L'échange aurait certainement été moins fructueux si notre personnage (fictif) s'était exprimé dans un dialecte qu'elle venait tout juste d'apprendre. Finalement, s'il avait opté pour une langue inconnue de tout félin, la discussion aurait très vite pris fin.³⁴

Autre exemple. Cette fois, le professeur Hartdolce désire engager avec son matou Bleunuitdété une discussion sur la reproduction des escargots fossiles. Cela n'est certes pas le sujet « privilégié » du

³³ *Le langage de la Nature est à base de fréquences tout comme les mots sont la base du langage humain. Une interaction efficace implique une communication adaptée. C'est ce point que nous tentons de mettre en valeur par le biais de ces exemples ou analogies.*

³⁴ *Il s'agit, vous l'avez deviné, de chat et chatte très intellectuels.*

minou. Il ne faut guère être surpris de constater que l'adorable gros minet s'éclipse en bâillant. Même si notre cher Professeur parle couramment matou, le sujet ne rencontre absolument pas les pôles d'intérêt de Maître Bleunuidtété.

Dans le premier exemple, Glücklich a ajusté sa « fréquence » à celle de sa chatte, pourrait-on dire. S'exprimer dans une langue que l'interlocuteur comprend est un pas essentiel à l'établissement de toute communication. De même, pour recevoir le signal émis par votre chaîne radio favorite, vous devez au préalable régler votre récepteur sur la fréquence d'émission de ladite chaîne. Glücklich et son félin sont, aussi, sur la même longueur d'onde. Les efforts de Glücklich auraient été moins gratifiants s'il s'était éloigné de cette astucieuse stratégie.

Dans ces exemples, langage, réglage de récepteur autorisent l'établissement d'une communication. Il faut maintenant utiliser ce lien pour transmettre ou recevoir l'information proprement dite. Vous pourrez alors écouter le programme radiophonique émis par la station émettrice.

Avec notre second exemple, le sujet parle excellemment matou et transmet une histoire passionnante concernant ces mignons ancêtres gastéropodes. Mais, hélas ! Le récepteur (le bel indifférent Bleunuidtété) n'est pas « branché ». Inutile de se le cacher, le professeur Hartdolce n'est pas dans la note. Il n'a tout simplement pas la bonne fréquence, celle qui éveillerait un certain intérêt de la part de minet. Cette conversation ne fait pas vibrer Bleunuidtété, c'est le moins qu'on puisse dire. L'information ne passe pas malgré les efforts du professeur Hartdolce. Glücklich, au contraire, a bien « manoeuvré ».

Vous comprenez alors pourquoi, si vous voulez interagir efficacement avec un système vibrant, vous devez aussi vibrer à des fréquences que ce système affectionne (sa fréquence propre ou ses harmoniques). Si vous réussissez, alors ce dernier entre en résonance. Sa réponse est maximale. Avec très peu d'efforts de votre part, vous obtenez des résultats optimaux. Mais gardez en mémoire ce détail : les fréquences que vous utilisez pour exciter le système vibrant doivent être égales (ou presque égales) aux fréquences propres du système.

Si certaines conditions sont remplies, le système peut même ne réagir qu'à ces fréquences, exclusivement. On le dit alors très sélectif. En dehors de ces fréquences, le système reste obstinément indifférent à toutes vos tentatives.

Mais rassurez-vous, dame Nature a tout prévu. Certains systèmes sont moins intransigeants, moins sélectifs. Ils toléreront donc des écarts, plus ou moins légers, par rapport à ces fréquences privilégiées. Mais le prix à payer ne sera peut-être pas pour vous plaire : du fait de la déperdition d'énergie, l'efficacité est moindre.

Le phénomène de résonance est un rouage clé du fonctionnement de notre Univers. Comment pourrait-il en être autrement puisque cet Univers est constitué d'éléments vibrants, de cordes. La résonance intervient au quotidien dans notre existence, beaucoup plus souvent qu'on ne l'admet généralement, selon mon point de vue et des réflexions bien personnelles. De nombreux phénomènes, facilement explicables par la résonance, ont des interprétations standards différentes ou demeurent officiellement encore inexpliqués.

C'est l'une des conséquences de l'influence du modèle sur l'interprétation.

COMMENT LES CORDES ECHANGENT-ELLES DE L'ENERGIE ENTRE ELLES ?

Une manière brutale de faire interagir deux billes consiste à les lancer l'une contre l'autre. Après collision, chacune des billes poursuit sa propre trajectoire défléchie. Ce que nous appelons « interaction » correspond à un phénomène circonscrit à la zone où a lieu la collision, de durée très brève à notre échelle, vous l'avez noté.

Considérons un exemple d'interaction de deux particules ponctuelles. Suite à la collision, une ou plusieurs autres particules sont générées, les plus énergétiques se transformant rapidement en particules plus stables. Chaque nouveau produit de l'interaction poursuit sa propre trajectoire. Bien entendu, ces collisions obéissent à un certain nombre de règles pour pouvoir se produire.

Comment deux cordes interagissent-elles ? Voici un exemple parmi les multiples possibilités.

Au moment de la rencontre, les deux oscillations, vibrant de manière particulière, combinent leurs fréquences (elles cèdent de l'énergie, par exemple) et forment une ou plusieurs autres cordes possédant des états vibratoires (énergétiques) particuliers et continuant aussi leur trajectoire par la suite. Les cordes les plus énergétiques peuvent aussi vouloir libérer cet excès sous la forme d'autres cordes.

La correspondance « particule ponctuelle-corde » est totale, à cette exception près : une corde est un objet étendu bien que, vue de loin, elle puisse apparaître ponctuelle.

LA CONSERVATION DE L'ENERGIE - DEFINITION DU SYSTEME EXAMINE

L'Univers (et les univers) constitue un ensemble harmonieux ne devant son existence qu'à un continuuel échange d'énergie³⁵ entre ondes se propageant dans l'espace, se rencontrant, se déformant, se modifiant avant de poursuivre leur chemin ou... « s'éteindre » lorsqu'elles cèdent toute leur énergie à l'onde de rencontre. Cette dernière, parfois trompée par sa « gourmandise » tente alors de se libérer de cet excédent³⁶ à la prochaine rencontre avec une onde « compatible ».

Cela n'est certes pas un hasard si les physiciens se préoccupent tant de la conservation de l'énergie. Toute théorie ne vérifiant pas le principe de conservation de l'énergie est rejetée. Ainsi, dans notre cas, une onde A voyage et dispose d'une énergie E1. Elle rencontre une onde "compatible" B possédant une énergie E2. Après l'interaction, si l'on suppose que les deux ondes ne peuvent échanger de l'énergie qu'entre elles deux³⁷, chacune des ondes générées repart avec, en général, une énergie différente de celle qu'elle avait avant sa rencontre. Imaginons que A transfère le tiers de son énergie à B ; ce tiers cédé est fatalement en possession de B³⁸ -- diminution pour A -- augmentation pour B. Il est donc logique de considérer que l'énergie totale avant interaction (soit E1 + E2) se retrouve après l'interaction. Si ce principe de conservation (égalité des énergies totales avant et après l'interaction) est contredit, on est en droit de conclure que le concept d'origine est faux ou exige d'être revu ou, encore, que le système constitué par les deux ondes / A, B / n'est pas isolé : une partie de l'énergie (l'énergie manquante³⁹) a été cédée à un participant externe au système. Il suffit alors d'intégrer, quand cela est possible, ce troisième larron au système et le tour est joué. Le nouveau système / A, B, C | respecte notre principe de conservation. Il est donc important de bien spécifier les objets définissant le système examiné.

³⁵ Cet échange est révélateur de la constante poursuite d'un état d'équilibre stable, ce que nous avons nommé « le caractère ZEN de Dame nature ».

³⁶ Les trous noirs, ces objets cosmiques gloutons, gardent, selon la théorie, cet excédent pour eux-mêmes et prennent de...l'embonpoint.

³⁷ Les deux ondes A et B constituent le système sous observation. Le reste de l'Univers est extérieur au système. Le système | A, B | est dit isolé de l'extérieur, ou tout simplement, isolé s'il ne peut échanger aucune énergie avec l'extérieur.

³⁸ Une lapalissade -- j'en conviens.

³⁹ Aucun phénomène amplificateur n'est à considérer.

IDENTITE DEVOILEE - LA SIGNATURE FREQUENTIELLE

Par extension, tous les objets nous entourant sont des ensembles complexes de systèmes résonnants (oscillateurs), interagissant avec les phénomènes vibratoires rencontrés, ces derniers contenant des fréquences particulières, privilégiées. Cette interaction se manifeste par ce que l'on appelle :

Une absorption d'énergie contenue dans le phénomène vibratoire. Les objets absorbeurs sont alors dans un état excité -- Leur énergie a augmenté suite à ce « repas » ;

Une émission, soit une restitution de cette énergie absorbée pour retrouver un état plus calme, une énergie moindre.

Les fréquences des vibrations échangées sont caractéristiques des objets en interaction. C'est leur signature, dite aussi signature fréquentielle -- Celle-ci permet d'identifier les acteurs en présence de manière unique. La spectroscopie, une branche de la physique, s'attache, entre autres, à ce type de « recensement ».

ooo

CHAPITRE VI

VOYAGES À TRAVERS LES DIMENSIONS D'UN PAYSAGE DE CORDES

« Si l'infini n'avait pas de moi, le moi serait sa borne ; il ne serait pas infini ; en d'autres termes, il ne serait pas. Or il est. Donc il a un moi. Ce moi de l'infini, c'est Dieu. »

Victor Hugo (1802 - 1885)

« Là où l'infini de l'espace recoupe l'infini du temps, on trouve un endroit précis à un moment donné ; j'y suis souvent. »

Grégoire Lacroix (1933 -)

VOYAGER DANS LES DIMENSIONS - REALITE OU ILLUSION ?

La théorie des cordes avance l'existence de dimensions spatiales supplémentaires.

Au chapitre I, nous avons évoqué quelques exemples mettant en évidence l'influence du point d'observation et du facteur d'échelle entre « observé » et « observateur » sur notre perception de l'Univers. Ce que nous percevons d'un même phénomène dépend de notre point d'observation, de notre échelle d'observation.

Une surface apparemment lisse s'avère rugueuse lorsque observée de plus près. La planète Terre est invisible à très grande distance, noyée dans l'amas cosmique. Selon notre point d'observation, le même objet peut sembler posséder une, deux ou trois dimensions spatiales. Un point lumineux se déplaçant très rapidement (plus rapidement que la durée de l'impression rétinienne humaine) donnera l'illusion d'une tige rigide éclairante. L'horizon, vu de la plage, est si rectiligne que longtemps les hommes ont présumé le caractère plat de la Terre. Il faut prendre de l'altitude pour constater de visu sa forme lui valant d'être nommée « globe terrestre ».

Ainsi donc, les objets n'auraient ni dimensions définies ni formes précises ?

Les dimensions défilent, les apparences aussi. La façon la plus naturelle de se convaincre d'une pseudo-stabilité, dans ces perceptions profondément imprégnées de relativité, est de considérer notre point d'observation⁴⁰ comme repère pour toute définition.

Cette dernière remarque peut donner lieu à bien des digressions philosophiques, tout un chacun étant observateur dans son propre repère.

DE QUELLE DIMENSION S'AGIT-IL, S'IL VOUS PLAÎT ?

La notion de dimension se retrouve dans d'autres domaines avec une nuance notable d'une discipline à l'autre. En effet, ce terme peut avoir de nombreuses nuances d'importance, présentant, néanmoins, un lien avec la notion de « perspectives », de « point d'observation », de « centre d'intérêt ». Citons quelques exemples.

⁴⁰ Gardant à l'esprit que ce point d'observation peut changer et modifier notre perception du monde.

Les espaces à plusieurs dimensions (plus de trois) sont monnaie courante en mathématiques. Les espaces vectoriels de dimension supérieure à 3 sont tellement plus excitants !

Les bases de données multidimensionnelles sont bien connues en Informatique de gestion. Les éléments susceptibles d'identifier, par exemple, complètement un étudiant (nom, prénom, statut, matricule, filière d'étude, etc.) constituent autant de dimensions.

Notre espace géométrique est à 3 dimensions spatiales. En effet, pour identifier totalement l'endroit où se trouve un randonneur perdu quelque part sur un mont himalayen, nous devons déterminer 3 données : la latitude, la longitude et l'altitude de ce « quelque part ». Est-ce suffisant ? Nous dirons que oui, si l'imprudent demeure immobile durant toute la durée des recherches. S'il se déplace, il faudra, bien entendu, ajouter la donnée « temps » aux trois précédentes.

De même, si vous posez à midi votre pot de crème glacée sur le radiateur, elle ne sera certes plus glacée à midi trente. L'arbrisseau deviendra majestueux chêne dans quelques années.

L'Univers est en perpétuel mouvement. Notre environnement se transforme. Nous évoluons avec lui. Tout bouge ! Tout est en constante transformation ! La dimension « temps » devient, dans ce cas, une exigence. Sa présence s'impose dans toutes les disciplines. Dans un univers immobile, figé, la dimension temps, telle que nous la définissons dans notre Univers, serait futile.

Nous évoluons donc dans un espace-temps à 4 dimensions. Le hic, est que nous ne pouvons percevoir plus de trois dimensions, par construction, si je peux me permettre l'expression. Notre prodigieux cerveau est incapable de traiter plus de 3 dimensions. L'espace-temps 4D est le produit d'un formalisme mathématique inobservable⁴¹. Nous sommes confinés dans un espace à trois dimensions et ne pouvons voir que des « *tranches de temps* », ce qui donne l'impression que le temps s'écoule.

Les dimensions supplémentaires que l'on retrouve dans la théorie des cordes sont des dimensions spatiales s'enroulant autour d'autres dimensions spatiales ou voyageant à travers celles-ci.

Ces dimensions additionnelles sont encore plus ténues que celles rencontrées à l'échelle subatomique et donc cachées.

⁴¹ La réalité de cet espace 4D ne peut être démontrée du fait de son caractère inobservable. Ceci nous renvoie aux réflexions exposées au chapitre I, paragraphe « SÉMANTIQUE ».

L'ESPACE-TEMPS A QUATRE DIMENSIONS (3D+1) - À QUEL TEMPS CONJUGUER LE VERBE?

La détermination complète de la position d'un objet dans l'espace 3D (tridimensionnel) nécessite trois variables d'espace notées en général x , y , z . Depuis Einstein (officiellement)⁴² on admet l'existence de quatre dimensions. Quatre grandeurs indépendantes sont donc nécessaires pour déterminer complètement l'état d'un système : trois pour l'espace et une additionnelle pour le temps, dimension nécessaire du fait de l'éternel changement de l'Univers lorsque le temps s'écoule. Ainsi, un mobile en mouvement dans l'espace-temps constitue un système dont la position, dans cet espace-temps, est complètement identifiée par ses quatre coordonnées. Il est à un endroit de la ville (3 données spatiales) à telle heure du jour (une donnée temporelle). Sa bande d'univers est donc aussi déterminée. Nous noterons que dans cet espace 4D, la dimension « temps » ne se différencie plus des trois autres dimensions spatiales. Dans cet espace 4D, tout est là. Dans cet univers 4D, la notion de temps a perdu son sens consacré. Les notions de moment, futur, passé, présent, demain, hier, etc. n'ont plus aucun sens. Seul l'observateur 3D, « voyageur dans la dimension temps », perçoit ces nuances et se doit de savoir... conjuguer ses verbes à tous les temps : s'il garde en mémoire les événements passés, il n'a pas encore visité son futur.

L'espace-temps 4D est le domaine des invariants chers à la théorie de la relativité -- C'est son univers de référence absolue⁴³.

Un espace-temps 4D immobile ? Un espace-temps 4D changeant et donc passant au statut 5D par le biais d'une dimension supplémentaire équivalente à ce que nous appelons « temps », afin de recueillir les informations reliées aux changements affectant cet espace ? Dans ce dernier cas, pouvons-nous vraiment parler « d'absolu » ? Serait-ce un absolu relatif ?

⁴² Hermann Minkowski, dans un article publié en 1908, expose sa théorie de l'espace-temps ($3D + 1$), bien avant Einstein. Ce dernier avait émis de fortes réserves quant à la validité de cette théorie basée sur un espace à quatre dimensions.

⁴³ Impossible de résister à ce jeu de mots!

Dans un univers de cordes, les dimensions inférieures à

sont inaccessibles (c'est le mur de Planck), par essence. Augmenter l'énergie des accélérateurs de particules ne permettra jamais d'atteindre des objets de cette taille ou plus petits. Hélas, oui ! Le monde de l'infiniment petit (l'échelle subplanckienne comprend des distances inférieures à 1 mètre divisé par cent millions de milliards de milliards de milliards) est inaccessible à la mesure. Nous pourrions presque considérer que tout se passe comme si ce monde n'existait pas⁴⁴.

Rappelons nos propres limitations. Nous savons que moult mondes nous sont inaccessibles.

Nous avons vu que les distances subplanckiennes nous étaient aussi encore indétectables.

Des dimensions nous sont cachées, indétectables, limités comme nous le sommes par la technologie et par nous-mêmes.

L'idée de Kaluza, celle d'un espace à cinq dimensions incluant une dimension cachée paraît plus que prometteuse : il se trouve qu'avec un espace-temps 5D on démontre que force de gravitation et force électromagnétique ne sont que les représentantes d'une seule et unique force. Malheureusement, à cette époque, on les croyait complètement dissociées. La communauté scientifique a donc rejeté les hypothèses de Kaluza. Les physiciens de l'époque n'étaient pas encore prêts.

45 Exemple du paragraphe précédent ou du chapitre I.

Kaluza était trop en avance. Encore un génie ignoré parce que caché, comme la dimension qu'il proposait !

On comprit, quelques décennies plus tard, qu'il y avait effectivement une autre dimension cachée. Il y en avait même plus d'UNE ! Plusieurs dimensions cachées (9, avant la découverte des branes) s'enroulent de manière cyclique sur de très courtes distances et nous demeurent invisibles mais confèrent à notre Univers ses propriétés physiques.

Le nombre de dimensions n'est pas définitif mais cela reste encore, à mon sens, un faux problème si l'on tient compte de la propriété parent-enfant de la théorie des cordes (une théorie génératrice et des théories enfants).

TOUT UN UNIVERS CACHE - UNE PERCEPTION BORNEE

Cette notion de dimensions cachées a déclenché naturellement des vagues d'hostilité soutenues. Et pourtant, combien de mondes nous sont cachés pour de simples raisons : nos limitations physiologiques ou technologiques.

Nous l'avons mentionné, l'oreille humaine, la vue ne captent qu'une bande restreinte de fréquences. Nous devons faire appel aux technologies pour accroître nos capacités (microscope, caméra IR, détecteur d'ultrasons, par exemple).

Existe-t-il d'autres fréquences non encore détectées par notre technologie ?

Nous ne sommes pas sensibles à un niveau trop bas de décibels (bruit ou son d'intensité trop faible) et nous sommes détruits par ceux trop élevés.

Et, quitte à nous répéter, la modestie nous impose de reconnaître que nous ne pouvons détecter ce qui est trop petit, ce qui va trop vite, ce qui sort de notre domaine de fréquences.

Comme tout ce qui existe, nous sommes pris, comme marteau et enclume, entre « pas assez » et « beaucoup trop ». Nos organes ont un seuil de déclenchement en deçà duquel rien ne se produit. Toutefois, notre situation devient notablement plus critique si, par ignorance ou témérité, nous tentons de dépasser notre limite de tolérance qui prend différentes et très évocatrices appellations, selon le cas : seuil de rupture -- seuil de douleur – saturation – maximum toléré -- claquage -- etc.

Gardant ceci à l'esprit, il est aisé de comprendre que tout ce qui existe n'est pas toujours perçu. Certains déclareront que ce qui n'est pas perçu n'est à l'origine d'aucune interaction consciente et est, par conséquent, inexistant. Un raisonnement très limitatif, selon moi.

UN PONT SCIENTIFIQUE

Le monde de l'infiniment petit, dit subplanckien est inaccessible. Quelle signification physique donner, dans ce cas, à une particule ponctuelle de dimension nulle (dimension d'un point) ?

Ceci fait dire que la théorie basée sur le modèle de particules élémentaires (ponctuelles et donc appartenant au monde subplanckien) a créé son propre problème en intégrant à son modèle des objets aussi petits. La théorie standard, basée sur les particules de dimension nulle, dépasse les bornes autorisées et devient non valide sans le savoir, mécanique quantique et théorie de la relativité générale entraînent en conflit à ces distances. C'est ainsi que la théorie des cordes unifie les deux autres. Elle reconnaît les fondements de chacune, dévoile ce qui peut les opposer et apporte sa propre contribution, créant ainsi un pont et la naissance d'une seule théorie.

UNE THEORIE UNIFICATRICE

Le modèle standard considère que les particules élémentaires sont toutes différentes, nées des collisions. La théorie des cordes étudie, quant à elle, un univers constitué de cordes. Cette théorie affirme que toutes les cordes sont conceptuellement identiques. Seul leur mode vibratoire va les différencier. Ces modes de vibration varient selon qu'il s'agit d'un électron, d'un photon, d'un neutrino, d'un graviton ou de tout autre objet de l'Univers.

Ainsi, par le biais de cordes on parvient à modéliser particules et forces fondamentales connues.

Ainsi, nous voici enfin avec une théorie unifiant l'infiniment petit et l'infiniment grand, une théorie du TOUT. Ce TOUT, c'est l'Univers. Audacieuse, la théorie va plus loin en postulant l'existence d'un TOUT plus grand que notre Univers et de dimensions supplémentaires, dépassant notre coutumier espace-temps $3D + 1$. Cette envergure conduit inéluctablement à un modèle très complexe et

mathématiquement très lourd. C'est là un gros problème de la théorie des cordes, théorie d'un grand TOUT.

L'aspect générique du concept, omniprésent dans cette théorie, est représentatif du monde qui nous entoure. Je ne peux, en outre, m'empêcher de faire également un rapprochement avec le concept de méta classe, classes et instances de classes en informatique, toutes proportions gardées, ou encore avec celui de cellules-souches et différenciées en biologie.

Notre Univers pourrait se trouver quelque part dans cette hiérarchie.

Gardons toutefois à l'esprit qu'un concept générique, base d'une théorie du TOUT, n'empêche en rien la diversité. La nature ne cesse de nous en donner de nombreux exemples.

LA SUPERSYMETRIE ET LES SUPERCORDES - MARIAGE FORCE OU UNION PARFAITE ?

La théorie initiale, à base de cordes « bosoniques » uniquement, amendée, a donné naissance à la théorie des supercordes. Dans ce modèle, les modes de vibration des cordes englobent les bosons et les fermions.

L'idée a pris naissance au niveau mathématique afin de pouvoir résoudre certaines anomalies. L'ajout de cordes « fermioniques » permettait, en outre, de traiter de manière symétrique, fermions et bosons. Une sorte d'équilibre s'établissait donc si on associait cordes fermioniques et cordes bosoniques, conférant au modèle son caractère supersymétrique, les nouveaux venus étant des superpartenaires (parce que plus énergétiques).

Cordes bosoniques et fermioniques interagissent et chacun a un besoin vital de l'autre -- aucun mariage forcé, ici.

Tout élément de matière a son compagnon force et vice-versa. Union des complémentaires pour atteindre l'unité ? Pourquoi pas ?

L'introduction de ce principe a permis à la théorie des cordes de répondre à plusieurs énigmes non résolues par le modèle standard. Ce dernier a repris, peu après, à son avantage, ce principe. Et, curieusement, la théorie des cordes a permis au modèle standard de faire un prodigieux bond en avant !

Il est possible d'apparier cordes bosoniques et fermioniques de différentes manières, toutes aussi valables. On a alors vu naître différentes théories des cordes. Les détracteurs de la théorie ont voulu y voir une preuve de son absence de validité. C'est aller vite en besogne !

Par exemple, différentes formes de contrats sociaux (mariage, associations, ententes) donnent lieu à différents types de sociétés et de règles. La comparaison permet de comprendre qu'en fait, les différentes théories cordistes ne sont que des facettes d'une même et unique théorie. Les principes fondamentaux restent inchangés. Seuls le mode et les conditions d'application varient en fonction du domaine. Il faut y voir des variantes révélatrices de la diversité de notre Univers.

ESPACE A DIX DIMENSIONS

Initialement, la théorie des cordes bosoniques (aucun représentant de cordes fermioniques), exigeait vingt-six dimensions pour être significative. Cependant, le modèle faisait apparaître des modes vibratoires n'ayant pas de rapport avec le type d'interactions étudiées. En outre, la présence, dans cette théorie « simplifiée », d'un tachyon (entité se déplaçant plus vite que la lumière) la rendait impropre à décrire notre Univers. C'est ainsi qu'est née l'idée d'associer les cordes fermioniques aux cordes bosoniques pour donner des supercordes. Ces unions « cordes bosoniques - cordes fermioniques », plus naturelles⁴⁶, permettent de réduire le nombre de dimensions. Les supercordes évoluent dans un monde à dix dimensions (onze si l'on inclut le temps).

Une particule de masse m dans notre espace 3D, en mouvement dans une de ces dimensions, acquiert une masse supplémentaire associée à la dimension dans laquelle elle se meut.

UN ESPACE-TEMPS DE DIMENSION ONZE — LES BRANES

Les branes sont les autres objets de la théorie des cordes. En fait, elles apparaissent lorsqu'on augmente la valeur d'une grandeur, supposée jusqu'alors constante pour des considérations pratiques. Avec cette nouvelle hypothèse la corde (objet à une dimension) se transforme en un objet à deux dimensions appelé brane (raccourci de membrane). On passe donc à un espace-temps de dimension onze, un peu

⁴⁶ Cf. le paragraphe précédent en ce qui a trait au caractère « naturel » de ces unions.

comme une droite devient surface ou comme une surface devient volume. La terminologie est quelque peu modifiée. Une corde est une brane à une dimension, soit une 1-brane. Elle correspond à une bande ou surface d'univers (dimension 2) dans l'espace-temps. Une membrane est une 2-brane et ainsi de suite. La généralisation à un espace de dimension p introduit les p -branes. Dans tous les cas, il faut ajouter la dimension temporelle.

Une des victoires de la théorie des cordes a été remportée en 1996 lorsque deux chercheurs, Strominger et Vafa, ont modélisé un trou noir par un assemblage de cordes et de branes.

Où sommes-nous dans tout cela ? Nous évoluons, enclavés dans une 3-brane. Et tant de choses nous sont cachées dans cette 3-brane !

Rappelez-vous ce qui a été supposé par Kaluza et Klein : un objet de masse m dans notre espace 3D, se mouvant dans les extradimensionss, acquiert, par contre-coup, une masse supplémentaire s'ajoutant à m . Cela signifie donc que seul le champ gravitationnel « peut s'échapper » de notre 3-brane et se « répandre » dans les autres dimensions.

ooo

CHAPITRE VII

PROMENADE DANS LES MULTIVERS

« Nous sommes des univers passagers dans l'univers qui s'éternise. »

Régis Jauffret (1955 -)

« Dans la Nature, tout a toujours une raison. Si tu comprends cette raison, tu n'as plus besoin de l'expérience. »

Léonard De Vinci (1452 - 1519)

LES UNIVERS PARALLELES

N'y voyez aucun ésotérisme. Si notre Univers est une 3-brane, rien n'empêche de supposer qu'il existe d'autres 3-branes (soit d'autres univers). Ces 3-branes peuvent être parallèles entre elles ou présenter diverses orientations, ressembler à la nôtre (incluant une forme de vie intelligente) ou non. Les 3-branes flottent dans une brane de dimension supérieure. Une construction analogue est envisageable avec des p-branes. Notre Univers ne serait pas seul dans le cosmos mais serait inclus dans un multi-univers (ou multivers). Les multivers font partie du possible. La structure globale rappelle une structure bâtie sur le modèle poupées russes ou *matriochka*, bien que cette analogie soit incomplète : toutes les poupées qui s'emboîtent appartiennent au même espace 3D.

Le modèle auquel il est fait référence ici implique des dimensions « emboîtées » : le point (dimension zéro) est inclus dans la droite (dimension 1). Cette dernière engendre une surface (dimension 2). Du plan on passe au volume (dimension 3).

La quatrième dimension, appelée temps, peut être vue comme équivalente à une dimension spatiale d'un espace 4D, inobservable (puisque nous-mêmes appartenons au flux temporel), engendré par le volume 3D et dans lequel nos lignes et bandes d'univers trouvent une existence, les « hypervolumes ».

DES UNIVERS PARALLELES PEUPLES ?

La vie peut-elle s'être manifestée dans ces univers parallèles ? Si des conditions similaires à celles présentes sur notre planète existent, alors rien n'empêche de considérer cette possibilité. D'autres formes de vie, inconnues de l'humain, peuvent aussi avoir eu l'occasion d'évoluer. Parmi les innombrables galaxies, la probabilité d'en trouver d'autres semblables à la nôtre est à considérer sérieusement, avec pour conséquence, l'existence de la vie, sous quelque forme que ce soit.

Science-fiction ? Si vous le croyez alors rappelez-vous l'Histoire (encore une fois !). Les Européens pensaient être seuls puis on a découvert un autre continent. Notre Système solaire était unique jusqu'au jour où nous avons découvert qu'un nombre incalculable de systèmes semblables au nôtre peuplait le cosmos.

La leçon d'humilité se fait toujours plus insistante. La planète Terre n'est pas le centre de l'Univers. Notre Système solaire n'est pas unique. Dans les milliards de galaxies contenues dans l'Univers, d'innombrables planètes, identiques à la nôtre (habitées elles aussi, la vie telle que nous la connaissons pouvant s'y développer si les conditions requises sont présentes), se pensent, peut-être, elles aussi, uniques.

EST-CE QU'UN UNIVERS COMMUNIQUE AVEC LES AUTRES ?

Deux branes, même voisines, n'interagissent (donc n'échangent de l'information) que par le biais de la force de gravitation.

À l'heure actuelle, on peut dire que les cordes, si elles sont ouvertes, se déplacent librement sur et dans la brane sans jamais pouvoir la quitter. Les cordes fermées sur elles-mêmes, les boucles, représentantes des gravitons, peuvent s'échapper d'une brane. Dans ce cas, la communication entre branes est envisageable.

Si la force de gravitation s'étend au-delà des branes, cela signifie que les dimensions cachées dont nous parlions auparavant peuvent être plus vastes que ce qui avait été prévu. Un espoir naît : celui de pouvoir les détecter (cordes cosmiques ou expériences du LHC).

LES PREMICES D'UNE RESPIRATION COSMIQUE⁴⁷

Une autre conséquence d'importance me ravit parce qu'elle rejoint ma conception des multivers. Les branes s'attirent mutuellement (attraction gravitationnelle) puis rebondissent. Il en résulte un mouvement vibratoire entre branes. Univers et multivers sont soumis à ces mouvements cycliques, une suite infinie de couples « expansion - contraction », l'ensemble étant plongé dans un mouvement d'entraînement super-cosmique.

Notez que nous savons déjà que, sous le jeu d'une succession de couples pression - tension modifiant périodiquement leur état thermodynamique, les étoiles passent leur vie en contractions - explosions jusqu'à épuisement de leurs ressources énergétiques. Univers et étoiles semblent « vivre » de la même manière bien que les interprétations (celle liée à la vie des étoiles et celle donnée par la théorie des cordes concernant les branes d'univers) soient encore très différentes. Les progrès de nos connaissances nous permettront peut-être de voir dans cette « respiration cosmique » stellaire ou universelle l'application d'un principe générique et donc unificateur.

Tout est mouvement cyclique (périodique). L'infiniment petit, autant que l'infiniment grand, est en constant mouvement, à la recherche d'un équilibre. Lorsque ce mouvement cyclique cessera, la « respiration cosmique » s'arrêtera. Les étoiles qui « meurent » en sont des exemples.

Nous reviendrons sur ce sujet.

⁴⁷ Cette notion de « respiration cosmique », personnelle à l'auteure, ne semble pas avoir été considérée par les autres physiciens. Elle reste cependant tout à fait concevable dans un contexte de modèle générique à structure fractale (note de l'auteure). L'Univers est une composante d'un ensemble intelligemment construit.

UNIVERS PARALLELES QUANTIQUES

Je ne peux passer sous silence l'hypothèse des univers parallèles quantiques, autre concept de multivers. Elle avance que toutes les possibilités prévues par la mécanique quantique se réalisent, chacune dans son propre monde quantique. Cette hypothèse avait été émise par Hugh Everett dans les années cinquante et remettait en question la vision du grand maître de la mécanique quantique Niels Bohr. Pour ne pas offenser Bohr (il l'était déjà bien assez), l'argumentation d'Everett et son support mathématique furent jetés aux oubliettes. Leur succès vint avec les physiciens des années soixante-dix.

SCIENCE OU FANTAISIE ?

Accordons-nous une pause avant de poursuivre.

Mondes parallèles, multidimensions, tout cela paraît bien fantaisiste. Pourtant, il y a derrière ces hypothèses un modèle mathématique, encore en construction, certes, mais qui a démontré sa crédibilité malgré son jeune âge (seulement vingt ans — très jeune pour une théorie du TOUT) et qui permet d'envisager, de manière scientifique, de telles possibilités.

Aux opposants de la théorie des cordes, je résume la réponse par ces questions :

A-t-on jamais un jour démontré que l'Univers était unique ? A-t-on jamais observé l'intérieur d'un trou noir ? A-t-on un jour démontré l'existence du Big Bang ? Pourtant beaucoup en acceptent sans réserve la réalité.

Refuser catégoriquement la notion de multivers est réducteur et peut nous faire manquer le train. Accepter sa plausibilité requiert de la prudence. Cette prudence vaut aussi pour les adeptes de la théorie standard ; cela reste vrai également pour les partisans de la théorie du Big Bang.

Ajoutons que des expériences ont montré, avec une précision détestable, il est vrai, l'existence de masses supplémentaires reliées aux extra-dimensions. La communauté scientifique doute de la validité de ces résultats. Pourtant, le boson de Higgs ne souffre pas du même traitement⁴⁸.

⁴⁸ En 2012, la très mauvaise précision accompagnant l'expérience menant à la découverte de la particule dite « Boson de Higgs » n'a cependant pas remis en doute la validité du résultat.

Si la science n'accepte que ce qui est accessible à l'observation, nous risquons de réduire, de manière significative⁴⁹, sa portée et ses capacités — un préjudice considérable à l'Humanité et à la Science.

La plausibilité des raisonnements peut servir de guide. Cependant, n'oublions pas que les idées les plus folles se sont révélées fondées.

LES CYCLES COSMIQUES OU LA RESPIRATION MULTIVERSELLE

Notre soleil passe sa vie en cycles expansion - contraction comme tant d'étoiles avant de devenir étoiles à neutrons ou trous noirs.

Il paraît clair, à ce stade de la lecture, que mon adhésion à la théorie du Big Bang est faible, pour ne pas dire nulle. Une sorte de « *respiration cosmique, une respiration du multivers* » (expression de mon cru), expansions et contractions se succédant de manière cyclique, tout comme le feraient nos poumons, me paraît plus plausible. La durée d'une respiration universelle incluse dans une respiration multiverselle ne peut qu'être indétectable à l'échelle du temps multiversel.

Quelle n'a pas été ma surprise lorsque, bien des années plus tard, j'ai appris qu'il y avait dans le monde un groupe de chercheurs qui émettait une hypothèse proche de la mienne et doutait donc de l'existence d'un Big Bang, commencement de tout.

Les physiciens cordistes, du moins, certains cordistes, pensent aussi que le Big-Bang, s'il a eu lieu, a dû se produire il y a une éternité dans le passé, depuis un nombre incalculable de cycles, sans toutefois parler de « respiration cosmique, universelle ou multiverselle ». D'autres cordistes nient résolument un début de quoi que ce soit.

⁴⁹ Nous l'avons vu, nous vivons dans un univers limité par un certain nombre de facteurs (physiologiques, technologiques, etc.). Peut-on se permettre d'y adjoindre d'autres éléments réducteurs?

LES MULTIVERS HOLOGRAPHIQUES

Des recherches sur les trous noirs, des considérations impliquant la thermodynamique, la mécanique quantique, la théorie des cordes, pour ne citer que ces branches de la physique, donnent à penser que nous évoluons dans un espace 3D qui ne serait que le rendu holographique (image en vrai 3D) d'un autre univers situé très loin de nous. John Wheeler (mentor de Feynmann et Bekenstein, entre autres), un physicien visionnaire, en avait le premier lancé l'idée. Pour lui, l'information (Q-bit ou qubit⁵⁰) est le noyau central de la matière et l'Univers effectue le traitement dans le temps de cette information. Avec cette vision, nous ne serions tous que des paquets d'information.

Leonard Susskind, un des fondateurs de la théorie des cordes, compare la surface d'un trou noir à un hologramme contenant toute l'information 3D à l'intérieur du trou noir.

L'exemple de comparaison souvent évoqué est celui de l'ADN contenant toute l'information génétique, tout comme une petite portion d'hologramme contient toute l'information de l'hologramme d'origine.

Serions-nous les occupants d'une gigantesque matrice ?

OOO

⁵⁰ Avec, cependant, une inclination toute personnelle pour Q-bit.

CHAPITRE VIII

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

« Science sans conscience n'est que ruine de l'âme. »

Rabelais (env. 1493 - 1553)

« Le connu est fini, l'inconnu infini ; ce que nous apprenons n'est qu'un îlot perdu dans l'océan illimité de l'explicable. »

Thomas Henry Huxley (1825 - 1895)

RESUME DE CE BREF APERÇU

Résumer un aperçu, bref, de surcroît, est tout bonnement un pléonasme presque vicieux. C'est vous dire l'immense effort que je m'impose ! Il y aurait beaucoup à dire sur le sujet. Mais je devais me limiter. Dans cette optique, je me résous et je... résume.

La théorie des cordes est très avant-gardiste et de ce fait provoque l'hostilité de la part de certains scientifiques. On lui reproche ce que l'on peut aussi (et encore) reprocher à la théorie standard. Pourtant, elle est en accord avec la mécanique quantique et la relativité générale qu'elle a réconciliées. L'électrodynamique quantique y a également sa place. Elle a expliqué des phénomènes que les autres théories ne pouvaient comprendre. Elle a confirmé des prédictions émises dans le cadre d'autres théories. Mais son audace dérange.

Elle ose introduire une exploration poussée de mondes inaccessibles.

Inéluctablement, l'expérimentation fera défaut, du fait, entre autres, de nos limitations technologiques. Le LHC génère de nombreuses attentes en ce sens. Toutes les questions ne trouveront cependant pas de réponse (s). Le LHC a un pouvoir de résolution de 10^{-18} m et ne pourra pas atteindre l'infiniment petit de la théorie des cordes, cent millions de milliards de fois plus petit. Faut-il pour autant attendre que la technologie évolue pour élaborer de nouvelles théories ? Si cela avait été le cas, nous en serions à nous éclairer encore à la bougie !

L'inaccessible infiniment grand ne fait pas peur à cette intrépide théorie des cordes. Les expériences dans un multivers sont difficilement réalisables. Pourtant certaines vérifications tangibles de la théorie sont espérées sous la forme d'observations de cordes cosmiques, par exemple.

UNE THEORIE A L'IMAGE DES UNIVERS

La construction d'un modèle, d'une théorie du TOUT, d'un TOUT aussi complexe que l'Univers, que les univers, d'un TOUT qui s'avère infiniment petit et infiniment grand, sans limite sinon celles imposées par l'inaccessibilité maintes fois mentionnée, prendra, certes, plus de temps qu'une théorie plus spécifique. On notera, pour comparaison, que la théorie standard a près de cent ans d'âge et est encore incomplète.

Une théorie du TOUT exige un niveau d'abstraction supplémentaire englobant ces théories spécifiques. Celles-ci seront des applications utilisables dans un certain domaine de validité. S'il existe un ensemble d'équations mathématiques au niveau de la théorie du TOUT, ces équations prendront différentes formes et auront différentes solutions, selon le domaine de validité. Cela rappelle le concept (avec moins de complexité, bien entendu) de méta-classe, classes et instances de classes familier aux informaticiens ou encore l'organisation en cellules-souches et leurs états différenciés du monde de la biologie.

Ce concept générique est très répandu dans la nature et ceci démontre autant son élégance que sa puissance. Et la diversité ne manquera pas. Un concept générique n'implique, en aucune façon, l'uniformité, bien au contraire.

Si de nouvelles dimensions ou d'autres propriétés, par exemple, sont mises à jour, cela reviendra soit, à ajouter un autre concept à la théorie génératrice (parent) soit, à créer une autre théorie-enfant. Ce modèle du TOUT doit être évolutif. Il ne peut en être autrement : LA Connaissance, dans toute sa perfection, dans toute sa complétude, dans toute sa beauté, est au bout de l'infini.

UNE NATURE FRACTALE QUELQUE PEU NEGLIGEE

Voilà donc des concepts génériques qu'il semble naturel de retrouver dans une théorie générique. Et pourtant, selon moi, un maillon important n'a pas toute la considération qu'il mérite.

Je veux parler de la nature fractale de notre environnement, soit, la répétition à l'infini de familles de motifs génériques de tailles différentes (dimensions fractales).

Cette nature fractale a été démontrée par Benoît Mandelbrot.

Étendue à l'espace-temps, une conception fractale des univers, du multivers permettrait « d'atteindre l'inaccessible », par transposition et extrapolation : analysons la nature fractale du minuscule espace-temps qui est le nôtre, comprenons que la nature est astucieuse et ne « redécouvre pas la poudre » à chaque nouvelle tentative mais réutilise, aussi souvent que possible, les concepts existants, aux facteurs d'échelle près. Ces facteurs d'échelle sont importants puisqu'ils influent sur notre perception du monde. Des univers invisibles, imperceptibles seront alors virtuellement accessibles via les modèles mathématiques construits sur cette base.

À quand une théorie des cordes fractales ou une théorie fractale des cordes?

LE MOT DE LA FIN

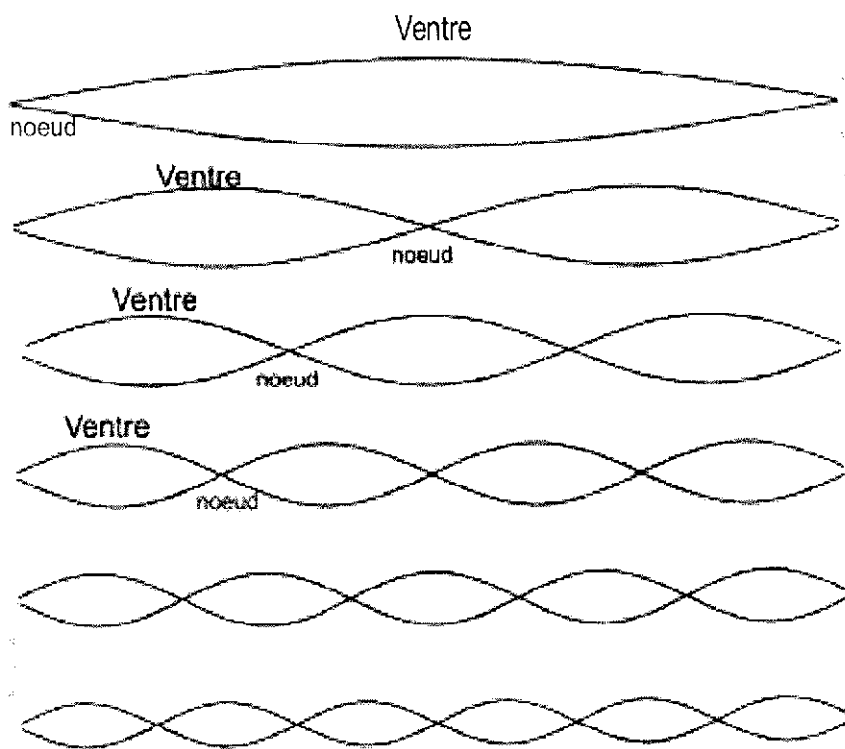
Un dernier point pour vraiment conclure ! Peut-être allez-vous protester et réfuter l'apparence « cordée » de notre Univers et des multivers. En fait, le nom de baptême de la théorie est rattaché à l'apparence des résultats retournés par le modèle théorique, aux alentours des années soixante ; ce dernier faisait apparaître des spectres dont l'expression mathématique présentait de très fortes similitudes avec celle des modes vibratoires d'une corde.

Un modèle reste une vue de l'esprit, une représentation de ce qui est perçu, sans nécessairement être le fidèle reflet de l'objet modélisé. La représentation en forme de cordes permet d'expliquer bon nombre de phénomènes de manière simple et souvent intuitive. La corde n'est qu'une image bien commode permettant de travailler plus facilement avec le modèle. La représentation des vibrations et l'interprétation des phénomènes intéressant la théorie sont plus aisées si on utilise des cordes en lieu et place de particules ponctuelles.

« Nous sommes donc toutes et tous embarqué (e) s, uni (e) s en une cordée multiverselle. »

Amalia Berrekia - 2016.

ANNEXE



Exemples de modes de vibration d'une corde fixée à ses extrémités, la fréquence augmentant du haut vers le bas. Un seul ventre (maximum) et un seul nœud (minimum) sont indiqués pour les 4 premiers modes, par souci de clarté.

L'exemple d'une corde vibrante libre à ses deux extrémités ou, fixée à une extrémité et libre à l'autre sont des cas tout aussi envisageables.

Deux ouvrage traitant du même sujet existent également sous forme imprimée (impression achevée respectivement en Juin 2015 et en Août 2016)

GROUPE INNOVAMBER INC.
CP 333- SUCC. WESTMOUNT STATION
WESTMOUNT - QC
H3Z 2T5
CANADA

*www.innovamber.ca
inno-info@innovamber.ca*