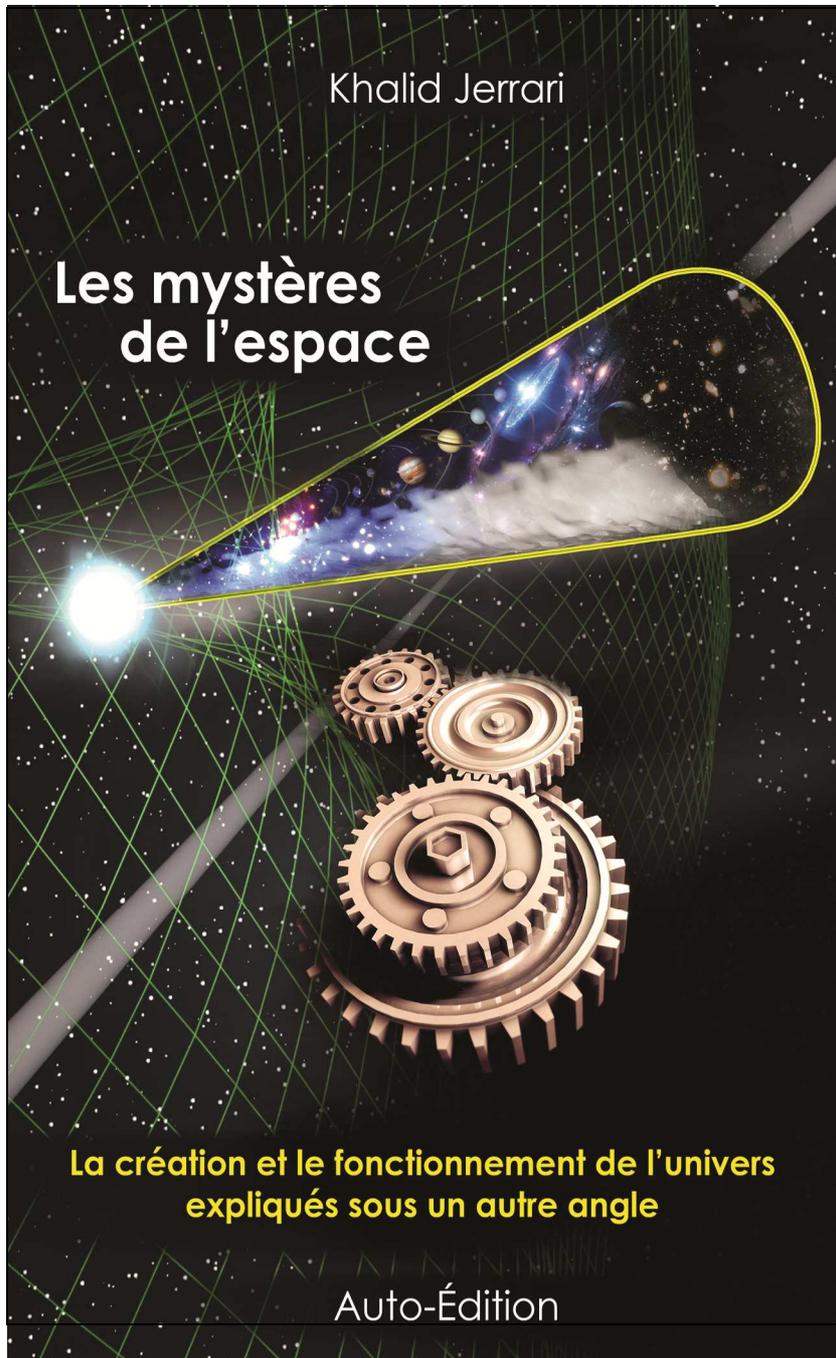


Khalid Jerrari

Les mystères de l'espace

**La création et le fonctionnement de l'univers
expliqués sous un autre angle**

Auto-Édition



Khalid Jerrari

Les mystères de l'espace

**La création et le fonctionnement
de l'Univers
expliqués sous un autre angle de vue**

Version numérique

© Khalid Jerrari
Auto-édition
51, rue Édouard Adam - 76000 Rouen
www.theorie-spatiale.fr
ISBN : 978-2-9550898-1-1
Rouen, janvier 2015

Le Code de la propriété intellectuelle interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayant droit ou ayant cause, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Droit de citation - Conformément à l'article L. 122-5 du Code de la propriété intellectuelle, les courtes citations sont autorisées, sous réserve que soient indiqués clairement le nom de l'auteur et la source. La citation doit être brève et intégrée au sein d'une œuvre construite pour illustrer un propos. La citation ne doit pas concurrencer l'ouvrage original, mais doit plutôt inciter le lecteur à se rapporter à celui-ci.

Table des matières

AVANT-PROPOS	11
PARTIE I ASPECT PHILOSOPHIQUE DE LA THEORIE SPATIALE	15
INTRODUCTION	17
CHAPITRE 1 - L'ESPACE ET LA MATIERE : UN COUPLE INDISSOCIABLE	19
• <i>Composition de notre univers</i>	19
• <i>Notre univers pourrait-il exister sans la présence de corps matériels ?</i>	21
• <i>Et notre univers pourrait-il exister sans la présence d'espace vide ?</i>	23
• <i>L'espace et la matière se créent de manière simultanée</i>	25
• <i>Notion d'espace propre et de corps associé... ..</i>	27
• <i>Superposition des espaces propres et perception étrange du volume d'espace</i>	30
• <i>Notre univers pourrait-il contenir moins de deux corps distincts ?.....</i>	32
CHAPITRE 2 - LE MECANISME D'EQUILIBRE UNIVERSEL	35
• <i>Un univers ordonné et prévisible.....</i>	35
• <i>La loi de la dynamique</i>	37
• <i>La loi de gravitation universelle</i>	41
• <i>La loi de Fourier</i>	43
• <i>Énoncé du principe d'équilibre universel.....</i>	46

- *Application du principe d'équilibre aux lois de la physique*..... 48

CHAPITRE 3 - DES THEORIES DE LA COSMOLOGIE ACTUELLES A LA THEORIE SPATIALE 53

- *La matière noire* 53
- *Expansion de l'univers* 55
- *Énergie noire* 56
- *Rôle de l'espace*..... 58
- *Notion de référentiel* 58
- *Invariance de la vitesse de la lumière*..... 60
- *L'espace : mode de transport de la lumière* ... 61
- *Constantes universelles* 62

PARTIE II ASPECT SCIENTIFIQUE DE LA THEORIE SPATIALE
..... 65

INTRODUCTION 67

CHAPITRE 1 - ENONCE DES PRINCIPES 75

- *Qu'est-ce que la masse ?*..... 75
- *Variables d'état et d'évènement* 79
- *Principe d'équilibre universel*..... 81
- *Principe des constantes universelles* 84

CHAPITRE 2 - PROPRIETES DE L'ESPACE 87

- *Milieu de propagation d'une onde électromagnétique*..... 87
- *Invariance de la vitesse de la lumière et espace propre* 88
- *Caractéristiques d'un espace propre* 89
- *Densité spatiale* 91
- *Analogie entre espace et corde*..... 93
- *Tension spatiale*..... 94
- *Accélération universelle* 98

CHAPITRE 3 - APPLICATION DE L'ACCELERATION UNIVERSELLE AUX LOIS DE LA PHYSIQUE 103

- Accélération universelle et densité spatiale. 104
- Gravitation universelle et densité spatiale... 106
- Expansion de l'univers et équation de Friedmann 108
- Courbe de rotation plate et masse visible d'une galaxie 113
- Équivalence entre travail de la tension spatiale et $E=mc^2$ 120

CHAPITRE 4 - RELATION ENTRE GRANDEURS ET CONSTANTES UNIVERSELLES..... 123

- Expansion de l'univers et unités de Planck... 123
- Calcul de la masse de l'univers..... 129
- Calcul du rayon de l'univers 132
- Calcul de la masse volumique de l'univers... 137
- Équivalence force de Planck / tension spatiale de l'univers 138
- Expression de la variable d'Hubble 140
- Expression des constantes G et c 140

CONCLUSION143

FICHE DE SOUTIEN A LA COMPREHENSION DU LIVRE ...147

- Conventions d'écriture 147
- Notions de base sur les puissances 148
- Notations et interprétation des unités..... 149
- Notations des opérations..... 150

Avant-propos

Ce livre expose une réflexion personnelle sur la vision que je porte aussi bien sur la création de l'univers que sur son fonctionnement. À partir de mes connaissances scientifiques, de mon intuition et de mes inspirations, j'ai construit une théorie répondant à mes interrogations sur ce sujet. Toutefois, elle n'est pas le fruit d'une étude académique qui traite d'un sujet encadré par un laboratoire de physique et n'engage que mes convictions et mon travail personnel. Bien qu'elle s'appuie sur des lois de la physique profondément ancrées dans le paysage scientifique, elle repose sur des concepts nouveaux et déroutants. Loin de moi la prétention de détenir la vérité, ma démarche consiste uniquement à m'interroger et à essayer de percer les mystères obscurs de l'univers afin d'y voir plus clair.

Cette théorie que j'ai nommée « théorie spatiale » est exposée en deux parties. L'une traite de l'aspect philosophique qui pose les fondations sur lesquelles repose l'édification de cette théorie. Cette partie se veut accessible à tous

les lecteurs qu'ils soient ou non scientifiques. L'autre partie présente une démarche scientifique qui démontre, par des équations mathématiques, la cohérence et l'étendue de la théorie spatiale. Cette deuxième partie est accessible à un large public mais nécessite tout de même quelques connaissances des mathématiques pour la comprendre pleinement.

La théorie spatiale est avant tout le résultat d'une étude scientifique qui vise à montrer la consistance substantielle de l'espace. L'espace est, à mon sens, un élément matériel qui ne doit pas se résumer en une dimension mathématique abstraite.

Lors de l'écriture de ce livre, une attention particulière a été portée sur la vulgarisation de sorte à le rendre accessible au plus grand nombre : l'objectif étant de partager la théorie spatiale avec toutes les personnes intéressées par une vision nouvelle de l'univers. Par la même occasion, je souhaitais rompre avec l'idée d'une science réservée à une « population matheuse » en présentant quelques lois fondamentales de la physique de manière simple et compréhensible par tous. Contrairement aux idées reçues, la physique n'est pas une discipline compliquée. Les

sciences deviennent incompréhensibles quand elles ne sont pas suffisamment maîtrisées pour être expliquées de manière simple : toute idée claire devrait s'exprimer de manière claire. En général, lorsqu'une personne débute une explication par : « C'est compliqué [...] », alors il y a fort à parier qu'elle ne comprenne pas vraiment ce qu'elle vous explique. Malgré tout, toute explication nécessite un certain temps pour être claire. Si vous me posez la question : « C'est quoi l'expansion de l'univers ? » ; alors, je vous répondrai : « Ah, c'est compliqué [...]. » uniquement si je suis pressé et que je souhaite me débarrasser de vous *fissa*. Le cas contraire, je vous demanderai plutôt : « Avez-vous une bonne heure à m'accorder ? ». Et si vous n'avez pas ce temps, je vous inviterai cordialement et chaleureusement à lire ce livre.

L'espace, considéré comme une substance physique à part entière, est l'élément central de cet ouvrage. Selon mes réflexions et mes études effectuées sur la création et le fonctionnement de l'univers, l'espace serait à l'origine de toutes les lois de la physique auxquelles obéit notre univers. Ainsi la compréhension de notre univers reposerait sur celle de l'espace.

Il est fortement conseillé de lire la partie philosophique avant de s'intéresser à la partie scientifique de la théorie spatiale. Chaque partie est divisée en chapitres qui sont à leur tour organisés en sections. Avant d'aborder un autre chapitre ou une autre section, il est nécessaire de bien comprendre tous les points et toutes les notions abordés depuis le début du livre. Pour les lecteurs qui ne seraient pas familiers avec les notations scientifiques, une fiche de soutien à la compréhension du livre est à votre disposition à la fin de l'ouvrage.

Je vous souhaite un bon voyage au cœur de l'espace et de notre univers...

Partie I

Aspect philosophique de la théorie spatiale

Introduction

La théorie spatiale est née d'une réflexion d'ordre philosophique au sujet de la création de l'univers, faisant suite à diverses interrogations : quels éléments constituent notre univers ? Quels mécanismes ont permis l'existence de ces éléments ?

Très rapidement, le volume d'espace vide s'est présenté comme un candidat fondamental des constituants de notre univers. Après une analyse philosophique et scientifique plus approfondie du fonctionnement de l'univers, l'espace s'est finalement imposé comme étant l'élément le plus important de notre univers. À tel point que l'espace serait à la source de l'existence de notre univers et de toutes les lois qui en découlent.

Le raisonnement mené pour arriver à cette conclusion est, dans un premier temps, purement philosophique. La modélisation scientifique du fonctionnement de notre univers appuiera mathématiquement, dans un deuxième temps, les idées exposées dans la partie philosophique de la théorie spatiale.

Tout d'abord, une réflexion sur la composition de notre univers sera exposée visant à démontrer que chaque corps matériel se crée de

manière simultanée avec son volume d'espace. Cette idée nous conduira à introduire la notion du couple « espace propre/corps associé » dont les caractéristiques seront détaillées.

Puis, après avoir rappelé et expliqué de manière simple certaines lois fondamentales de la physique (la loi de la dynamique, la gravitation universelle et la loi de Fourier), le principe d'équilibre universel sera introduit et appliqué à ces lois.

Enfin, certains concepts de la cosmologie (la « matière noire », l'expansion de l'univers et « l'énergie noire »), actuellement admis par la communauté scientifique, seront expliqués et commentés de manière à introduire les fondements de la théorie spatiale.

Chapitre 1 - L'espace et la matière : un couple indissociable

- **Composition de notre univers**

Si vous posiez la question suivante aux physiciens : « De quoi est composé notre univers ? ». Ils vous répondraient probablement que l'univers est composé de matière ordinaire, de « matière noire » et « d'énergie noire ». Tout comme moi, vous leur demanderiez ce que sont la matière et l'énergie noires. Ils vous exposeront alors certainement les raisons pour lesquelles ces éléments ont été imaginés, mais vous expliqueront-ils ce que sont réellement et concrètement la matière et l'énergie noires ? Malheureusement, personne n'est en mesure de nous expliquer ce que sont ces éléments caractérisés, à juste titre, par l'absence de couleur « noire » à l'image de notre incompréhension.

Définir la composition de l'univers, par des éléments qui non seulement sont hypothétiques et de surcroît qui nous échappent totalement, a-t-il un sens ? Ne faudrait-il pas définir la structure de l'univers par d'autres

éléments et notamment par des éléments dont l'existence est avérée et réelle ?

À mon sens, l'univers est composé de deux substances principales que sont la matière et l'espace. La matière est clairement identifiée aux yeux de tous car elle est palpable et perceptible. Nous pouvons la voir, la toucher et même parfois la sentir contrairement à l'espace qui est une substance imperceptible et invisible. La matière a beaucoup intrigué l'Homme et, à ce titre, a fait l'objet d'études poussées. Nous savons aujourd'hui qu'elle est composée d'atomes qui eux-mêmes sont constitués de noyaux autour desquels gravitent des électrons. Les noyaux sont, quant à eux, constitués de protons et de neutrons subdivisés en d'autres particules bien identifiées et connues. Mais que dire de l'espace ? De quoi est-il constitué ?

L'espace paraît être un concept flou, généralement considéré comme une dimension mathématique et non comme une substance physique à part entière. Et pourtant cet espace a bien une existence propre et réelle puisque chacun de nous peut se déplacer dans son enceinte. Définir ce qu'est l'espace est un exercice très ardu et, à mon humble avis, aucune personne n'est pour le moment en mesure d'y

répondre. Néanmoins, nous pouvons nous interroger sur le rôle que joue l'espace dans notre univers et plus particulièrement sur les conditions de son existence.

- **Notre univers pourrait-il exister sans la présence de corps matériels ?**

L'espace est un environnement physique, un habitacle qui permet aux corps de se mouvoir d'un point à un autre. Un univers vide, qui par définition ne contiendrait aucun corps physique, aurait-il un sens ?

À supposer que l'univers soit vide, il n'en demeure pas moins qu'il est constitué d'espace. Cet espace ne peut pas être réduit au néant du fait même de son existence. Par ailleurs, l'existence de toute chose, y compris celle de l'espace, nécessite une action pour l'engendrer : de l'énergie. Toutes les formes d'énergie que nous connaissons actuellement se manifestent soit par le déplacement de corps, soit par une action sur un corps. Nous pouvons citer l'énergie de la lumière qui est transportée par des particules appelées photons, l'énergie cinétique qui est définie par le mouvement des corps massiques, la chaleur qui se transmet de particule en particule

ou bien l'énergie de liaison qui permet de lier les particules entre elles.

Tout cela nous mène à penser que la présence de corps matériels est nécessaire pour que l'énergie puisse exister. L'espace, composé d'énergie, impliquerait donc la présence d'objets physiques dans l'univers.

Une interrogation légitime traverse certainement votre esprit : pour quelle raison un espace vide contiendrait-il de l'énergie ? Si nous considérons notre univers comme isolé, alors il ne pourrait pas être vide et ne contenir que de l'espace car l'énergie qui l'a engendré serait *a fortiori* contenue dans notre univers. Certes, aucun élément probant ne nous permet de supposer que notre univers soit isolé. Cependant l'univers est en expansion : cela signifie que notre univers ne perd pas d'espace, bien au contraire il semblerait en gagner. Pour maintenir l'existence de cet espace, son énergie ne doit pas s'échapper vers un environnement extérieur à cet univers ; auquel cas l'univers contiendrait de moins en moins d'espace et serait en contraction. Ce qui montre que l'univers ne pourrait pas céder de l'énergie, bien au contraire il semblerait en gagner.

Un univers vide contient au minimum l'énergie qui l'a engendré permettant ainsi de maintenir l'existence de son espace. Cette énergie conduit

inéluçtablement à la présence des corps qui permettent l'existence de cette énergie dans l'espace : notre univers ne peut pas être vide et contient *de facto* des corps matériels.

Par ailleurs, le rôle de l'espace consiste à permettre aux objets de se déplacer. Si l'univers ne contenait aucun corps matériel, alors son existence n'aurait plus aucun sens puisque son rôle ne serait plus assuré.

Compte tenu de l'univers tel que nous le connaissons, un espace ne pourrait pas exister sans la présence de corps matériels.

- **Et notre univers pourrait-il exister sans la présence d'espace vide ?**

La question qui traverse naturellement notre esprit est de savoir si un univers pourrait, cette fois-ci, exister sans espace. Autrement dit, un univers pourrait-il être composé uniquement de matière sous forme d'un bloc compact ? À première vue, et cela sans même creuser notre réflexion sur cet univers vide d'espace, cette idée paraît bien étrange, voire même improbable. En effet, toutes les particules élémentaires que nous connaissons sont composées d'une grande partie

de vide. Imaginez que nous créions une boule en imbriquant tous les atomes les uns avec les autres et que nous puissions supprimer l'espace extérieur à cette boule compacte. Vous seriez dans l'impossibilité d'observer l'extérieur de cette boule puisqu'elle ne contient aucun espace extérieur. Seule la partie interne de cette boule, composée de particules, serait observable. Cependant, au sein même des atomes qui forment cette boule, des grands espaces vides séparent les particules les unes des autres. Il est évident qu'un univers contenant les particules telles que nous les connaissons ne pourrait pas exister sans la présence d'espace. Je suppose qu'un contre-exemple vous vient en tête et vous avez envie de me dire la chose suivante : « Et si l'univers ne contenait qu'une seule particule élémentaire pleine et indivisible ! Alors cet univers ne contiendrait aucun espace ? ». Et je vous répondrais : « Même si nous imaginons la plus petite particule élémentaire qui puisse exister dans l'univers qui serait à la fois entièrement pleine et totalement indivisible, alors cette particule occuperait elle-même un volume d'espace précis dans l'univers : la présence d'un corps implique au minimum l'existence de l'espace occupé par ce corps lui-même. »

Au vu des éléments exposés ci-dessus, la présence d'un corps nécessite *de facto* l'existence d'un espace.

- **L'espace et la matière se créent de manière simultanée**

En résumé, un espace ne pourrait pas exister sans la présence d'un corps et réciproquement, un corps ne pourrait pas exister sans la présence d'espace : par conséquent l'espace et les corps présents dans notre univers se sont créés et se créent simultanément.

Si l'espace se créait avant la matière alors, pendant un laps de temps aussi petit qu'il soit, l'espace aurait existé seul : ce qui est contraire à ce que nous avons montré précédemment. Et si un corps matériel s'était créé avant l'espace, alors ce corps ne pourrait pas exister pour la simple et bonne raison qu'aucun espace ne lui permettrait de prendre place. En conclusion, un corps se crée avec son espace et un espace se crée avec son corps : ce qui signifie que tout espace et tout corps se créent simultanément sous forme d'un couple « espace/corps ».

Cette notion de couple « espace/corps » implique que l'ensemble des corps matériels

présents dans l'univers ait engendré l'espace global de notre univers. Par effet de simultanéité, l'espace de l'univers a aussi engendré tous les corps présents dans notre univers.

La grandeur la plus simple à mesurer et à utiliser pour quantifier un corps est la masse. Bien qu'en réalité cette grandeur de mesure n'ait pas été choisie uniquement pour sa commodité mais plutôt suite à une étude scientifique que j'ai menée de manière plus approfondie pour établir la théorie spatiale.

Dorénavant, nous caractériserons un corps par sa masse et nous retiendrons la notion de couple « espace/masse ». La création simultanée sous forme de couple « espace/masse » implique que la masse de l'univers ait engendré le volume total de l'univers, et réciproquement que le volume total de l'univers ait engendré la masse de l'univers. Si nous divisons la masse de l'univers par son volume, nous obtenons la masse volumique de l'univers qui n'est rien d'autre que le rapport entre la masse d'un corps et son volume d'espace créé : la masse qui se crée dans l'univers est proportionnelle au volume d'espace créé et son coefficient de proportionnalité correspond à la masse volumique de l'univers.

Nous venons d'exposer le lien d'existence entre l'espace et un corps matériel, mais qu'en est-il du lien physique entre ces deux éléments ? Sont-ils fixes l'un par rapport à l'autre ? Ou sont-ils disjoints ?

- **Notion d'espace propre et de corps associé**

Un corps matériel engendre l'espace qu'il occupe lui-même pour, entre autres, prendre place dans notre univers. Il se déplace notamment avec son volume d'espace qu'il occupe mais l'espace engendré ne se résume pas au seul volume d'espace occupé par le corps. D'autant plus que, comme nous le verrons par la suite, le volume du corps est nettement inférieur à celui de l'espace total engendré.

Que la partie de l'espace occupé par le corps se déplace avec celui-ci tandis que la partie restante en soit indépendante semble improbable. Il semble en revanche raisonnable de considérer que l'espace total engendré soit fixe par rapport au corps qui l'a engendré : ainsi, chaque corps se crée avec son volume « d'espace propre » qui lui est fixe. Je définis par « espace propre », l'espace créé par le « corps associé » qui a engendré cet espace.

Par ailleurs, supposons qu'un corps se crée avec son espace de manière disjointe. Si le corps disparaissait, alors son volume d'espace propre associé disparaîtrait aussi. Cela supposerait un lien à distance entre le corps associé et son espace propre qui impliquerait que le corps et son espace propre ne seraient pas vraiment disjoints.

L'espace propre est *a fortiori* solidaire du corps associé : le corps et son espace sont fixes l'un par rapport à l'autre et forment un bloc unique.

Nous avons montré qu'un corps crée un volume d'espace. Mais quelle est la forme de ce volume d'espace ? Pour répondre à cette question, nous utiliserons le « principe de moindre action ». Ce principe, souvent utilisé en physique, stipule que la nature s'arrange pour atteindre son but en utilisant le minimum d'énergie. La forme géométrique qui nécessite le moins d'énergie est la sphère : un espace propre posséderait alors une forme sphérique. Le rayon du volume d'espace propre est beaucoup plus grand que celui du corps associé qui l'a engendré. À titre d'illustration, selon mes calculs, l'espace propre d'un corps associé, d'une personne dont la masse est 80 kilogrammes, formerait une sphère de rayon de près d'un million de kilomètres.

Cette disproportion de taille nous conduit à considérer que le corps associé se trouve dans son espace propre : reste maintenant à déterminer la position de ce corps dans son espace propre. En fait, je n'en sais absolument rien mais il faut bien que je fixe cette position : je postulerais, selon une simple intuition, que le corps se trouve au centre de son espace propre.

En résumé, tout « corps associé » se crée avec son espace que nous nommons « espace propre ». Le volume de cet espace, de forme sphérique, est proportionnel à la masse du corps associé ; il s'obtient par le produit de la masse du corps associé et la masse volumique de l'univers : à noter que l'ensemble des espaces propres de tous les corps présents dans l'univers constitue le volume total de l'univers. Le corps associé est imbriqué dans son espace propre : lorsque le corps se déplace, son espace propre le suit dans son mouvement.

Après avoir exposé la notion d'espace propre, nous allons nous intéresser à la cohabitation de ces espaces entre eux.

- **Superposition des espaces propres et perception étrange du volume d'espace**

Regardons la façon dont les espaces propres coexistent entre eux. Considérons deux objets, chacun muni de son espace propre. Si leurs espaces propres se juxtaposaient, alors les deux corps seraient très éloignés l'un de l'autre puisque le rayon de l'espace propre est beaucoup plus grand que la taille du corps qui l'engendre : ce qui signifie que les espaces propres ne se juxtaposent pas mais se superposent. La superposition des espaces propres induit que certaines régions de l'espace sont plus ou moins denses selon la répartition des corps dans l'espace.

Cette variation de densité d'espace dans l'univers perturbe notre perception du volume d'espace qui devient confuse et étrange. Habituellement, nous associons l'espace uniquement à un volume d'une partie de l'univers tandis que selon mon analyse, l'espace serait composé d'une certaine quantité d'espace physique qui occupe un certain volume d'espace « vide » dans l'univers. Nous sommes face à une situation un peu déroutante car la quantité d'espace est elle aussi mesurée en volume

d'espace. Or ces deux types de volume sont bien distincts : l'un correspond au « volume spatial quantifié » qui définit la quantité d'espace de manière substantielle et l'autre correspond au « volume spatial occupé » qui représente le volume d'espace occupé au sein de l'univers par cette quantité d'espace. Il est important de bien distinguer d'une part la quantité d'espace « matériel » et d'autre part le volume « vide » qu'occupe cette quantité d'espace.

Un même volume d'espace occupé, par effet de superposition d'espaces propres, peut contenir des volumes d'espace quantifiés différents. Cette subtilité nécessite l'introduction de la notion de densité d'espace que j'appellerai « densité spatiale ». Considérons deux volumes d'espace identiques qui contiennent des quantités d'espace différentes, alors ces deux éléments possèdent le même volume spatial occupé mais une densité spatiale différente. Ainsi un espace est caractérisé par son volume spatial occupé et par sa densité spatiale qui déterminent le volume spatial quantifié.

Revenons à présent sur les conditions d'existence des particules dans notre univers.

- **Notre univers pourrait-il contenir moins de deux corps distincts ?**

Supposons un univers qui serait composé d'un unique corps indivisible. L'espace propre de ce corps, seul dans cet univers fictif, formerait le volume d'espace global de l'univers. Ce corps, fixe par rapport à son espace propre, serait donc immobile dans cet univers imaginaire. Or la nécessité, pour notre univers, de contenir un corps en mouvement implique que notre univers ne puisse pas contenir un corps unique : notre univers contient par conséquent au minimum deux corps distincts ; ainsi, l'espace propre du deuxième corps permettrait au premier corps de se mouvoir au sein de celui-ci et *vice-versa*.

La présence, au minimum, de deux corps distincts dans notre univers résout par la même occasion le problème du référentiel. En effet, pour observer le mouvement d'un corps dans l'espace, il est nécessaire d'utiliser comme repère un autre corps distinct présent dans cet espace, sinon nous serions dans l'impossibilité de savoir si le corps est en mouvement ou pas. Le référentiel est une notion très importante en physique, qui sera détaillée par la suite.

Après avoir mené une réflexion sur le lien d'existence entre l'espace et la matière dans notre univers, nous sommes arrivés à la conclusion que notre univers ne pourrait pas contenir moins de deux corps distincts. Notre démonstration reste bien évidemment insuffisante puisque notre univers contient une quantité astronomique de particules. En fait, notre univers ne peut que contenir de plus en plus de particules. Cette réaction en chaîne, de création de particules, qui se produit dans notre univers s'explique par un mécanisme d'équilibre. Notre univers semble obéir à des règles qui maintiennent un ordre précis. À chaque fois que nous agissons sur la nature, elle semble se réorganiser jusqu'à trouver un équilibre. Comment cet équilibre se manifeste-t-il ? Quel est son mécanisme ? C'est ce que nous allons étudier dans le chapitre suivant.

Chapitre 2 - Le mécanisme d'équilibre universel

- **Un univers ordonné et prévisible**

Les phénomènes naturels que nous observons dans notre univers peuvent être modélisés par des lois de la physique. Ces lois nous permettent, non seulement de décrire et de quantifier certains phénomènes naturels, mais aussi de prévoir leurs évolutions dans le temps et l'espace. Les événements pourraient se dérouler de manière totalement aléatoire et ainsi être complètement imprévisibles. Ceci est loin d'être le cas, bien au contraire, les observations nous montrent que notre univers est ordonné et obéit à des lois précises et spécifiques. Pour de mystérieuses raisons, la nature respecte un cadre bien déterminé et se comporte de manière prévisible. Vous noterez qu'il n'y a aucune raison *a priori* que la nature se comporte ainsi, elle aurait très bien pu adopter un comportement totalement désordonné et chaotique. Mais si tel était le cas, la science n'aurait plus d'intérêt puisqu'elle ne serait plus en mesure ni de comprendre la nature et encore moins de prévoir les réactions de celle-ci. Fort heureusement notre univers obéit à des règles bien précises. De plus,

ces lois non seulement n'évoluent pas au cours du temps mais sont en plus valables en tout point de l'univers. Nous pourrions tout à fait imaginer que des lois fonctionnent dans notre galaxie mais pas dans une autre. Auquel cas, nous parlerions de « lois galactiques » par restriction aux « lois universelles » qui sont valables dans tout l'univers.

D'ailleurs, on tente d'identifier toutes ces lois afin de les percer à jour et de les déterminer. Pour y parvenir, les scientifiques ont constaté, pour des raisons qui nous échappent pour le moment, que la nature obéit à des principes fondamentaux. Ce sont des règles d'ordre général qui ne sont pas démontrées et que la nature semble respecter. Néanmoins ces principes sont toujours vérifiés par les expériences et notamment par les observations réalisées. Les principes et les lois de la physique sont le socle de la recherche et des expérimentations menées par les scientifiques. Toutefois, il arrive que des lois ou des principes soient remis en question par une observation qui semble les contredire.

De nombreuses lois existent et se pose la question de savoir s'il existe une loi unique pour décrire toutes les lois de la nature.

Personnellement, je ne suis pas convaincu de l'existence de cette loi car, *a priori*, il n'y aucune raison qu'une telle loi puisse réunir toutes les lois qui régissent l'univers en une seule.

Admettons tout de même que cette hypothétique loi existe et essayons de la déterminer. Nous commencerons par bâtir un socle théorique en proposant plusieurs principes universels qui pourraient regrouper toutes les lois de la physique. Ce principe est dit « universel » car, par définition, il serait valable en chaque point de l'univers et quelle que soit la période de temps considérée.

En observant de plus près les lois de la physique, notamment exprimées sous forme d'équation, nous remarquons qu'elles impliquent un mouvement, à savoir le déplacement d'un corps ou d'une substance dans l'espace. Présentons à présent quelques lois qui sont dites fondamentales en physique.

- **La loi de la dynamique**

Newton a déterminé des lois très utilisées à notre époque, la loi de la dynamique $\vec{F} = m\vec{a}$ en fait partie. Pour comprendre la force de cette équation, il est nécessaire de vous la traduire en

langage littéraire car le plus important reste de comprendre l'aspect conceptuel qui se cache derrière cette équation, et vous constaterez que son sens physique est facilement compréhensible par tout le monde.

Avant d'entrer dans le détail, interrogeons-nous sur la mise en mouvement d'un corps. Pour déplacer un objet d'un endroit à un autre, vous devez exercer une action sur ce corps et cela nécessite un certain effort. Cette action, notée \vec{F} , en physique est appelée une « Force ». Si aucune force ne s'exerce sur l'objet, alors il n'y a aucune raison que celui-ci se déplace.

De plus, vous avez aussi constaté dans la vie quotidienne que plus le corps est lourd, plus la force que vous devez exercer sur celui-ci doit être grande pour le déplacer : autrement dit, la force exercée pour déplacer un corps est proportionnelle à sa masse. La masse d'un corps représente dans ce cas la résistance d'un objet à la variation du mouvement : plus la masse de l'objet est grande, plus il sera difficile de déplacer cet objet comme si celui-ci résistait à la variation du mouvement.

Enfin, pour déplacer un objet dans un sens ou dans une direction, il est nécessaire d'exercer une

action dans ce même sens et dans cette même direction.

Jusqu'à présent, nous avons évoqué la trajectoire du corps, mais nous n'avons pas encore évoqué sa vitesse. Avant d'entrer dans le vif du sujet, je dois vous exposer un principe fondamental, également énoncé par Newton, qui est le « principe d'inertie ». Ce principe énonce que tout corps animé d'une vitesse dans un sens et une direction conservera cette même vitesse, ce même sens et cette même direction si aucune force ne vient à le perturber. Pour faire varier la vitesse, il est nécessaire d'exercer une action sur le corps que nous souhaitons déplacer. Si nous cessons d'agir sur celui-ci, alors le corps maintient indéfiniment sa trajectoire à la même vitesse, dans le même sens et dans la même direction. Vous avez certainement envie de me dire : « En tout cas, ce n'est pas ce que nous observons sur Terre », et votre remarque est tout à fait légitime. Sur Terre, deux actions naturelles sont présentes de manière permanente ; la force gravitationnelle et les forces de frottement de l'air.

Les forces de frottement exercent une action sur l'objet dans le sens opposé de la trajectoire du corps en mouvement. Cette action, qui est

d'autant plus forte que la vitesse de l'objet est grande, freine cet objet qui perd ainsi de la vitesse. En tout état de cause, les forces de frottement empêchent un corps de maintenir une trajectoire avec une vitesse constante.

Quant à la force gravitationnelle qu'exerce la Terre sur un objet, elle empêche ce dernier de maintenir un mouvement rectiligne uniforme puisque tous les objets exposés au champ gravitationnel de la Terre subissent une force d'attraction qui est dirigée vers le centre de la Terre. La force gravitationnelle sera détaillée dans le prochain chapitre.

Revenons à présent à la description de la loi de la dynamique exposée précédemment. Nous avons vu qu'elle peut se résumer en une équation mathématique condensée par $\vec{F} = m\vec{a}$.

\vec{F} est la force exercée sur le corps.

m est la masse du corps.

\vec{a} est l'accélération que subit le corps sur lequel s'exerce la force \vec{F} . Cette accélération correspond à la variation de la vitesse par rapport au temps.

Les flèches qui figurent au dessus de la force et de l'accélération de l'équation correspondent à ce que l'on appelle en mathématique des vecteurs, cette notation permet simplement de préciser le

sens et la direction des grandeurs. Dans notre équation, cette flèche fixe le sens et la direction de la force ainsi que ceux de la trajectoire du corps.

Il est important de retenir dans ce chapitre que la masse résiste à toute variation de mouvement : c'est-à-dire à la variation de direction, de sens ou de vitesse. Par contre, la masse ne s'oppose pas au mouvement sinon cela impliquerait que la vitesse du corps diminuerait juste par effet de sa masse sans même la présence d'une force extérieure. Il faut bien comprendre que la masse s'oppose à la variation de la trajectoire d'un corps et non au mouvement du corps proprement dit.

Newton a non seulement énoncé le principe d'inertie et la loi de la dynamique que je vous ai présentés précédemment mais il a aussi introduit la gravitation universelle.

- **La loi de gravitation universelle**

Pour Newton, les objets qui tombent sur Terre et le mouvement des planètes autour du Soleil proviennent du même phénomène physique. Cette idée l'a conduit à proposer une

unification de ces deux phénomènes en formulant la gravitation universelle.

La gravitation stipule que tous les corps s'attirent mutuellement. Vous me direz, à juste titre, que ce n'est pas ce que nous constatons dans la vie quotidienne. En fait, l'attraction des corps dépend de leurs masses : plus leurs masses sont grandes, plus l'attraction des corps entre eux est forte. Les objets de la vie quotidienne s'attirent aussi les uns avec les autres, mais leurs masses ne sont pas suffisamment grandes pour que ce phénomène soit perceptible. Toutefois la Terre possède une masse relativement grande pour que l'attraction puisse se manifester à l'échelle humaine. La preuve, tous les objets qui se trouvent sur la Terre y sont attirés ; c'est d'ailleurs pour cette raison que les objets tombent sur Terre.

De plus, cette attraction est d'autant plus faible que les deux objets sont éloignés l'un de l'autre.

La force gravitationnelle qu'exerce un objet de masse m_1 sur un objet de masse m_2 est formulée par Newton selon l'équation :

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

G est la constante gravitationnelle et r est la distance qui sépare les deux objets considérés.

À noter que la force gravitationnelle qu'exerce l'objet m_2 sur m_1 est la même que celle qu'exerce m_1 sur m_2 .

En associant à la fois la loi de la dynamique et la gravitation universelle, nous obtenons la trajectoire elliptique des planètes autour du soleil. La rotation des étoiles autour des galaxies ainsi que celle des galaxies autour des amas des galaxies s'expliquent, aussi, par ces deux lois.

- **La loi de Fourier**

Une autre loi, importante en physique, est la loi de Fourier qui modélise tout particulièrement le phénomène de conduction thermique. Faisons une expérience simple en prenant deux morceaux de métal qui ont des températures différentes. Plaquons ces morceaux l'un sur l'autre. Au bout d'un certain temps, un équilibre s'installe de sorte à ce que les deux plaques atteignent la même température.

La température d'un objet solide est définie par la vibration des atomes qui le

composent. Les atomes vibrent d'autant plus fort que la température est grande. Lorsque les deux plaques sont en contact, les atomes des plaques sont aussi en contact. Les atomes qui vibrent le plus vont avoir tendance à communiquer leurs énergies de mouvement aux atomes les moins excités. Réciproquement, les atomes qui vibrent le moins vont avoir tendance à récupérer l'énergie de vibration des atomes les plus excités. Lorsque l'état de vibration de tous les atomes sera identique quelque soit la plaque, alors il n'y aura plus de variation de vibration et les deux plaques atteindront l'équilibre thermique : les deux plaques auront alors les mêmes températures.

La transmission de vibration se fait dans un sens, à savoir de la plaque dont les atomes vibrent le plus vers la plaque dont les atomes vibrent le moins. Ce déplacement d'une grandeur physique qui fait varier la température des plaques représente ce que l'on appelle un flux de chaleur noté ϕ . Ce flux d'énergie engendre une variation de la température au sein des plaques de manière à obtenir un équilibre thermique. Cet équilibre est obtenu lorsque les plaques finissent par atteindre la même température.

La loi de Fourier nous indique qu'une variation de température dans l'espace engendre une variation de température dans le temps de sorte à équilibrer les températures. Cependant, les corps ne se laissent pas faire et émettent une résistance au changement de température. C'est pour cette raison qu'il faut un certain temps pour atteindre la température d'équilibre, autrement si la résistance était nulle alors la température des plaques atteindrait l'équilibre thermique de manière instantanée.

La loi de Fourier est donnée par l'équation :

$$\vec{\phi} = k \cdot \overrightarrow{\text{grad}T}$$

$\vec{\phi}$ est le flux de chaleur.

k est la conductivité thermique, elle traduit la capacité d'un corps à conduire rapidement la chaleur dans le corps.

$\overrightarrow{\text{grad}T}$ est une notation mathématique qui traduit la variation de la température dans l'espace.

Nous pourrions présenter d'autres lois de la physique. Mais cela n'apporterait rien de plus à notre explication dont l'objectif est de vous apporter suffisamment de connaissances pour que vous puissiez comprendre la théorie spatiale. Quoi qu'il en soit, nous constatons finalement que la nature s'arrange toujours pour atteindre un

équilibre. Celui-ci s'établit en un certain temps qui est conditionné par une grandeur qui résiste à cet équilibre. Mais comment cet équilibre s'obtient-il ?

- **Énoncé du principe d'équilibre universel**

Tout d'abord, définissons la notion de « système » : c'est un ensemble d'éléments qui interagissent et qui obéissent à des principes et des lois.

Un système est en déséquilibre lorsque les individus qui le composent se rebellent : c'est-à-dire lorsqu'ils ne respectent plus les règles fixées par la nature. Des actions vont alors être menées par la nature de sorte à faire respecter les lois et à rétablir l'ordre dans le système. Après une certaine résistance des individus récalcitrants, le calme revient et le système retrouve sa stabilité.

La nature va faire en sorte de rééquilibrer le système qui a été perturbé. Pour ce faire, elle conduit le système vers un état où les grandeurs physiques qui le caractérisent n'évoluent plus : le système se trouve alors dans un état dit « stable ».

Lorsque nous provoquons une perturbation dans un système en équilibre, alors

celui-ci se rééquilibre naturellement après un certain temps. Le fait même que les variations des grandeurs physiques s'établissent en un certain temps implique que les lois de la physique fassent intervenir une résistance de sorte à ce que les événements se déroulent en un temps déterminé : autrement dit, la résistance est la cause du temps d'équilibre.

S'il n'y avait pas de résistance, alors l'équilibre se ferait de manière instantanée puisque le système n'opposerait aucune résistance à la variation des grandeurs ; sans résistance, le système se rééquilibrerait aussitôt que celui-ci se déséquilibre ; tout se passerait comme si le système était constamment en équilibre et aucune évolution ne serait perceptible : le temps semblerait figé.

Imaginez maintenant que nous perturbions un système, alors une autre perturbation naît de sorte à équilibrer le système ; mais cette perturbation d'équilibre est aussi une perturbation qui va elle aussi créer une autre perturbation : des perturbations en chaînes vont ainsi se créer. Dès que du désordre apparaît, il ne peut y avoir que plus de désordre : c'est ce que j'appelle le « principe entropique ». En conclusion, un

déséquilibre ne peut qu'amener plus de déséquilibre.

Si vous étudiez les lois de la physique qui font intervenir un déplacement (par exemple, la loi de dynamique, la gravitation universelle, la loi de Fourier, la loi d'Ohm $U = RI$ et d'autres lois), vous observeriez que toutes ces lois peuvent s'exprimer sous la forme $\Delta d = R_e \Delta e$.

Δd : variation d'une grandeur physique due au déséquilibre du système.

R_e : résistance du système à revenir vers un état d'équilibre.

Δe : variation d'une grandeur physique permettant de conduire le système vers un état d'équilibre.

Vérifions à présent le principe d'équilibre universel pour les lois exposées dans ce chapitre.

- **Application du principe d'équilibre aux lois de la physique**

Prenons le cas de la loi de la dynamique $\vec{F} = m\vec{a}$. Par analogie avec la loi d'équilibre universelle, la force \vec{F} qui perturbe la trajectoire du corps correspond à la grandeur de déséquilibre Δd . Le corps va alors changer de trajectoire et

retrouver un état d'équilibre qui s'obtient par une variation de sa vitesse au cours du temps : cette variation d'équilibre Δe correspond donc à l'accélération \vec{a} . La résistance du corps au changement de trajectoire, R_e , n'est, quant à elle, rien d'autre que la masse.

Revenons à présent sur la loi de Fourier $\vec{\varphi} = k \cdot \overrightarrow{\text{grad}T}$. Cette équation signifie que la différence de température induit un flux de chaleur qui fait varier la température au cours du temps. Nous pouvons réécrire cette loi de sorte à faire apparaître l'analogie entre la loi de Fourier et le principe d'équilibre universel avec l'équation $\overrightarrow{\text{grad}T} = \frac{1}{k} \vec{\varphi}$.

Nous rappelons que la loi d'équilibre universelle est donnée par la relation $\Delta d = R_e \Delta e$.

Par analogie entre les deux relations, nous obtenons : $\Delta d = \overrightarrow{\text{grad}T}$, $R_e = \frac{1}{k}$ et $\Delta e = \vec{\varphi}$.

En effet, la différence de température des deux plaques, exprimée par l'opérateur $\overrightarrow{\text{grad}T}$, constitue un déséquilibre. Le flux de chaleur $\vec{\varphi}$ contribue, quant à lui, à rétablir un équilibre en portant les deux plaques à la même température.

La grandeur $\frac{1}{k}$ définit, quant à elle, la résistance d'une plaque à changer de température.

De la même façon, la gravitation universelle se traduit aussi par un déséquilibre qui découle du principe d'équilibre universel.

Tout système tend à s'équilibrer, la difficulté est de connaître l'état d'équilibre d'un système afin de comprendre la façon dont il évoluera pour atteindre son état d'équilibre.

Prenons le cas de l'univers, il n'y a, *a priori*, aucune raison que l'univers puisse exister : l'état d'équilibre de l'univers serait vraisemblablement le néant. L'espace et les corps sont intimement liés, si le corps disparaissait alors l'espace disparaîtrait aussi. Pour obtenir le néant, il suffirait de détruire soit tous les corps présents dans l'univers, soit son espace total. Nous pourrions tout à fait imaginer que l'espace exerce une action sur le corps de sorte à l'éliminer. De cette manière, la suppression des corps conduirait à l'autodestruction de l'espace : l'univers retrouverait alors son état naturel, le néant. Cependant, les corps tiennent à leur existence et ne comptent pas se laisser faire : ils opposeront une résistance à cette pression afin que l'espace ne prenne pas le dessus. Tout objet étranger qui traverserait cette zone d'espace de conflit subirait alors l'action de l'espace qui le dirigerait vers ce corps en péril. Ce phénomène ne vous rappelle-t-

il pas la gravitation ? Une application du principe d'équilibre universel nous présente la gravitation universelle sous un autre angle de vue.

Nous pourrions expliquer d'autres lois de la physique de la même façon mais ce n'est pas l'objectif de cette partie. Toutefois, dans le chapitre suivant, nous rappellerons quelques notions de la cosmologie qui vont nous permettre de mieux comprendre notre univers. L'idée est de continuer à vous apporter suffisamment d'éléments scientifiques pour que vous puissiez comprendre la théorie spatiale.

Chapitre 3 - Des théories de la cosmologie actuelles à la théorie spatiale

- **La matière noire**

Les phénomènes les plus importants qui régissent le fonctionnement de l'univers sont la loi de la dynamique et la gravitation universelle énoncées par Newton qui ont été présentées dans le chapitre précédent. Ces lois permettent, entre autres, de calculer la masse des galaxies grâce à la vitesse de rotation des étoiles autour d'elles. Il en est de même pour le calcul de la masse des amas de galaxies autour desquels les galaxies gravitent. La masse et la vitesse de rotation des corps sont intimement liées. À partir de la masse, on peut déterminer la vitesse de rotation ; *vice-versa*, la masse permet de déterminer la vitesse de rotation.

Les scientifiques ont constaté que des étoiles tournaient beaucoup plus vite que ce que prévoyait la gravitation universelle.

Il faut savoir que deux méthodes sont utilisées pour mesurer la masse d'une galaxie. L'une consiste à mesurer le rayonnement qu'émet une galaxie et par un calcul « savant » d'en déterminer la masse : cette masse est appelée

« masse visible » en référence à la méthode de mesure utilisée. L'autre méthode consiste à déterminer la vitesse des étoiles, et par effet gravitationnel d'en déduire la masse de la galaxie que l'on appelle « masse grave ». Or on a constaté que la masse visible, obtenue par rayonnement, est beaucoup plus petite que la masse grave, obtenue par calcul gravitationnel.

L'hypothèse retenue par la majeure partie de la communauté scientifique est la présence d'une matière dite « noire » dans notre univers qui comblerait cette différence entre la masse grave et la masse visible. La galaxie serait composée de matière sombre qui n'émet pas de lumière, qu'elle soit visible par l'homme ou non. Cette hypothèse est séduisante dans la mesure où elle fait intervenir une matière « exotique » qui serait une nouvelle matière.

L'intervention de cette matière me paraît être « tirée par les cheveux ». Non seulement la présence de la matière noire se manifeste uniquement par effet gravitationnel mais en plus elle a été introduite pour expliquer la vitesse excessive des étoiles dans les galaxies : le seul moyen de détecter la matière noire est par effet gravitationnel dont la défaillance est censée être

expliquée par cette même matière. En clair, nous n'avons aucun moyen de prouver que la matière noire existe mis à part de supposer son existence : la matière noire n'est qu'une hypothèse qui n'a pas été démontrée et dont on sera dans l'impossibilité de prouver son existence.

- **Expansion de l'univers**

On a aussi constaté que les galaxies s'éloignaient les unes des autres. La vitesse de fuite d'une galaxie par rapport à une autre est d'autant plus grande que la distance entre ces galaxies est grande. La loi d'Hubble nous donne cette vitesse en fonction de la distance $v = H \cdot d$.
 v est la vitesse d'éloignement d'une galaxie par rapport à une autre

H est la constante d'Hubble.

d est la distance qui sépare les deux galaxies.

Pour expliquer ce phénomène, on parle d'expansion de l'univers. On compare notre univers à un cake aux raisins qui gonflerait au four : les raisins n'augmentent pas de taille mais s'écartent les uns des autres au fur et à mesure que le gâteau gonfle. Cette image me suscite deux interrogations : si l'univers augmente de taille, alors cela signifie-t-il que l'espace de l'univers

augmente ? Ou bien que l'espace de l'univers s'étire ? Ou peut-être bien les deux !

Il faut bien distinguer l'expansion et l'extension de l'univers. Nous parlons d'extension lorsque l'espace s'étire, sans pour autant qu'il y ait une plus grande quantité d'espace : celui-ci est simplement moins dense dans un volume plus grand. Nous parlons d'expansion lorsque l'espace a grandi dans le sens où la quantité d'espace est plus grande qu'auparavant.

De plus, si l'espace de l'univers se crée alors la masse de cet univers se crée aussi puisque la masse et le volume de l'univers sont proportionnels : la masse de l'univers augmenterait alors proportionnellement à la taille de l'espace.

Dans les deux cas, que l'univers soit en expansion ou en extension, les galaxies s'éloignent les unes des autres. Vont-elles continuer à s'éloigner indéfiniment ?

- **Énergie noire**

On pensait que la constante d'Hubble allait diminuer dans le temps, mais les

observations montrent tout le contraire : elle augmente avec le temps. C'est-à-dire que les galaxies s'éloignent les unes des autres de plus en plus vite au cours du temps, l'expansion de l'univers s'accélère. Pour expliquer ce phénomène la notion d'« énergie noire » a été introduite car, pour que la vitesse de fuite des galaxies augmente, la présence d'une force est nécessaire. Cette force est provoquée par une mystérieuse énergie qu'est l'énergie noire, également appelée « énergie sombre ». L'espace de notre univers serait rempli de cette fameuse énergie. Pour le moment, on n'est pas capable d'expliquer d'où vient cette énergie ni de comprendre ce qu'elle est. Tout comme la matière noire, l'énergie noire est simplement une hypothèse.

Faisons le bilan des courses ! On constate que la matière noire (une matière invisible) et que l'énergie noire (une action mystérieuse) remplissent notre espace. Nous avons montré que la masse et l'espace sont intimement liés et que la gravitation serait créée par l'espace associé au corps. Un dénominateur commun ressort nettement de ce bilan : l'espace. Celui-ci serait visiblement une substance invisible et mystérieuse qui serait tantôt perçue comme la

matière noire et tantôt confondue avec l'énergie noire.

Et si tous les phénomènes que nous venons d'exposer étaient causés par l'espace lui-même ?

- **Rôle de l'espace**

L'espace joue apparemment un rôle essentiel, mais je rencontre des difficultés à comprendre sa composition et sa structure. Il paraît plus aisé de définir ses propriétés et ses interactions avec son environnement.

Un phénomène paraît idéal pour cerner les propriétés de l'espace : la lumière sous sa forme d'onde électromagnétique. Cette onde se déplace dans l'espace vide ; ce qui mène à penser, par simple intuition, que l'espace est le vecteur de déplacement de la lumière. Les propriétés de la lumière pourraient nous éclairer et percer à jour les mystères de l'espace.

- **Notion de référentiel**

Une propriété bien particulière de la lumière est « l'invariance de la vitesse de la lumière ». Pour comprendre cette notion

d'invariance, il me faut vous expliquer celle du référentiel.

Imaginons que vous rouliez à 130 km/h sur l'autoroute dans votre véhicule. Si je vous pose la question : « À quelle vitesse vous déplacez-vous ? », alors en l'état, ma question est imprécise pour que vous puissiez me répondre correctement. Maintenant, si je vous pose la question : « À quelle vitesse vous déplacez-vous par rapport à votre véhicule ? ». Vous me répondrez à 0 km/h car vous êtes fixe par rapport à votre voiture. Mais si je vous pose la question : « À quelle vitesse vous déplacez-vous par rapport à l'autoroute ? », vous lirez la vitesse affichée sur le compteur et me répondrez, sans doute, 130 km/h. Et si vous doublez une voiture qui elle roule à 110 km/h et que je vous pose, cette fois-ci, la question : « À quelle vitesse roule votre voiture par rapport à celle que vous doublez ? », alors vous me répondrez 20 km/h : ce qui correspond à $130 \text{ km/h} - 110 \text{ km/h}$.

Vous aurez remarqué que la vitesse dépend du repère que vous considérez, on appelle ce repère le référentiel. Un référentiel est un repère qui sert de référence, comme son nom l'indique, afin de déterminer la position et le mouvement d'un corps par rapport à celui-ci.

Revenons à présent à l'explication de l'invariance.

- **Invariance de la vitesse de la lumière**

Imaginons que vous courriez sur une piste à une vitesse constante de 10 km/h en suivant un mouvement rectiligne : c'est-à-dire en ligne droite. Imaginez qu'une personne, fixe par rapport à la piste, jette une balle dans votre direction à 15 km/h et dans le sens opposé de votre course ; alors vous percevrez la balle vous arriver à 25 km/h qui correspond à 10 km/h + 15 km/h.

Maintenant imaginez que vous soyez dans une navette spatiale et que vous vous dirigiez à une vitesse constante de 100 000 km/s vers le soleil. Le soleil émet des photons, c'est à dire des particules de lumière, vers votre direction à la vitesse d'environ 300 000 km/s. Si nous appliquons le même raisonnement que précédemment, vous vous attendriez à voir arriver les photons à la vitesse de 400 000 km/s. Et bien, c'est faux ! Vous verrez en fait arriver les photons à 300 000 km/s quelle que soit votre vitesse par rapport à celle du soleil qui est la source de la lumière.

Quelle que soit la vitesse de la source de la lumière par rapport à vous ou quelle que soit votre vitesse par rapport à la source de la lumière, vous verrez toujours la lumière vous parvenir à environ 300 000 km/s.

Dans les équations de Maxwell qui établissent les équations des ondes électromagnétiques, la vitesse de la lumière c de l'onde ne dépend pas du référentiel. Quelle que soit la vitesse de la source de la lumière par rapport à l'observateur, la vitesse de la lumière perçue par l'observateur est toujours égale à c . L'additivité des vitesses ne s'applique pas à la lumière. Selon la relativité restreinte, énoncée par Einstein, l'espace et le temps se déformeraient de sorte à ce que la vitesse c soit constante. Mais pour quelle raison cette vitesse serait invariante ?

- **L'espace : mode de transport de la lumière**

Si nous considérons la lumière comme une vibration de l'espace qui se manifeste par un déplacement d'une déformation de l'espace, alors la vitesse serait invariante quel que soit le référentiel. En effet, imaginons que chaque corps possède son espace propre qui lui est fixe.

Lorsqu'une perturbation crée une déformation de l'espace qui se déplace à une vitesse c dans un espace propre, alors la vitesse de propagation de cette onde perçue par le corps serait c quelle que soit sa vitesse. Le corps percevrait cette onde arriver à la vitesse de la lumière quelle que soit sa vitesse par rapport à la source de la lumière. Lorsqu'un espace subit une vibration, tous les espaces propres superposés la subissent aussi. Une fois l'espace en vibration, que le corps associé se déplace ou non, la perturbation se propage à la vitesse c dans son espace propre et le corps associé perçoit l'onde à cette même vitesse.

- **Constantes universelles**

Cette vitesse c est une constante universelle : c'est-à-dire que quelles que soient la position dans l'espace et la période considérées, c est constante ; une autre constante universelle est celle de la gravitation universelle G .

Ces constantes ne sont pas des valeurs théoriques mais sont déterminées de manière expérimentale. Aucune théorie actuelle ne permet de les calculer. Ces constantes restent un mystère à élucider car non seulement nous ne comprenons

Partie I - Des théories actuelles à la théorie spatiale

pas leur origine mais en plus nous sommes incapables de les déterminer théoriquement.

Après avoir exposé l'aspect philosophique de la théorie spatiale, nous allons pouvoir passer à la partie scientifique de cette théorie.

Partie II

Aspect scientifique de la théorie spatiale

Introduction

De quoi est composé notre univers ? L'univers est à mon sens constitué de deux substances principales : la matière et l'espace dans lequel baignent tous les corps matériels.

L'existence même de l'espace est aussi énigmatique et étrange que celle de la matière. Et pourtant très peu d'études ont été réalisées sur l'espace alors que la matière a fait l'objet de nombreuses études très approfondies. Dans cette étude, nous nous intéresserons tout particulièrement à l'espace. Quelles sont ses propriétés ? De quoi est-il constitué ? Comment s'est-il formé ?

Certaines réflexions, exposées dans la « partie philosophique de la théorie spatiale », mènent à considérer que chaque corps possède son espace propre. Un espace qui est solidaire du corps et qui l'accompagne constamment dans son mouvement. Imaginez qu'à chaque fois que vous vous déplacez, vous vous promenez avec votre espace propre qui est fixe par rapport à vous. Vous formez avec votre espace propre une unité indivisible. Vous vous situez au centre d'un volume d'espace gigantesque qui vous appartient

et qui vous suit constamment. Le rayon de cet espace, qui dépend, entre autres, de la masse de votre corps, est beaucoup plus grand que votre taille. À titre d'illustration, le rayon de l'espace propre de chacun de nous dépasse la distance qui sépare la Terre de la Lune ; autrement dit, votre espace propre englobe la Lune.

Lorsque vous croisez votre voisin, vos espaces propres coexistent en parallèle et se superposent tout en gardant une existence propre. Vous vivez les événements de manière unique dans votre espace propre. Néanmoins, un événement qui se déroule dans votre espace propre a aussi lieu dans tous les espaces propres superposés au vôtre.

Lorsque les ondes électromagnétiques ont été décrites par les équations de Maxwell, on se posait la question du support de déplacement de cette onde. Tout comme le son est une onde qui se propage dans un corps matériel, la lumière devrait aussi se propager dans un milieu matériel. À cette époque, on avait introduit la notion d'éther : une substance qui remplirait l'univers et qui permettrait à la lumière de se déplacer dans l'espace. Mais cette hypothèse fut écartée suite à l'échec des expériences menées par Michelson et Morley pour tenter de prouver justement l'existence de l'éther. Et si finalement l'espace

n'était pas rempli d'une substance mais était lui-même une substance à part entière ?

On sait que la lumière est une onde électromagnétique qui se propage dans le vide à la célérité c d'environ 300 000 km/s. Imaginez maintenant que la lumière soit véhiculée par une déformation de l'espace propre lui-même. À titre d'exemple : si vous jetez une pierre dans un lac, que verriez-vous se former dans l'eau ? Vous apercevriez des ondes, sous forme de cercles, s'étendre et se propager dans l'eau. Ces ondes sont le résultat d'une déformation du volume d'eau qui se déplace dans le lac.

De la même façon, si nous perturbons l'espace, une onde sphérique se déplacerait dans l'espace. Cette onde se manifesterait par une déformation de l'espace qui se propagerait à la vitesse de la lumière c .

À une position précise de l'espace, une multitude d'espaces propres coexistent et se superposent. Dès qu'une perturbation se manifeste à un instant et à une position précise, elle impacte tous les espaces propres superposés qu'ils soient ou non en déplacement les uns par rapport aux autres. Cette perturbation est alors véhiculée dans chaque espace propre jusqu'au

corps associé qui reçoit l'information. Nous considérons chaque corps matériel comme un observateur dans le sens où ce dernier est récepteur d'une information. Comme l'espace est fixe par rapport à son corps associé, un observateur percevra dans son espace propre la lumière lui arriver à une vitesse constante, qu'il soit ou non en mouvement ; la vitesse de la lumière perçue par un observateur est égale à la célérité c quelle que soit la vitesse de celui-ci par rapport celle de la source.

Le fait de considérer l'espace comme une substance physique expliquerait l'invariance de la vitesse de la lumière.

Einstein a traité l'invariance de la vitesse de la lumière sous l'angle des photons ; et il a étendu cette notion à tous les corps, lui permettant ainsi de supposer que la célérité c est la vitesse limite qu'aucun objet ne peut dépasser. Ma réflexion se tourne vers un autre angle de vue, celui de l'onde électromagnétique. La lumière peut être vue comme un ensemble de particules ou comme une onde : tout dépend de l'angle de vue considéré. Lorsque vous regardez un cylindre sous un certain angle, vous pourriez voir un disque ; mais en le regardant sous un autre angle, vous pourriez aussi voir un rectangle. Et pourtant

nous observons toujours le même objet ! Cet exemple montre qu'un objet ou un évènement peut être perçu de plusieurs façons différentes.

La théorie spatiale exposée dans cette partie aborde la lumière uniquement sous son aspect ondulatoire ; alors que celle de la relativité restreinte, développée par Einstein, la traite sous un aspect corpusculaire : la théorie spatiale n'a pas pour vocation de remettre en question la théorie de la relativité, bien au contraire, elle en est complémentaire. La relativité restreinte postule l'invariance de la vitesse de la lumière, alors que la théorie spatiale explique la raison pour laquelle la vitesse de la lumière est constante, en considérant cette fois-ci la lumière sous son aspect ondulatoire.

Dans cette partie du livre, je montrerai l'impact de l'espace sur les lois de la physique. Je suis intimement convaincu que l'espace est à l'origine, entre autres, de la masse, de l'inertie, de la gravité, de l'expansion de l'univers et de bien d'autres phénomènes physiques. Mais alors, serait-il possible d'unifier ces quatre lois à l'aide d'une théorie qui fait intervenir uniquement les propriétés de l'espace ? Si l'espace est à l'origine de toutes les lois de la physique, il deviendrait

possible d'unifier les lois macroscopiques (l'infiniment grand) et microscopiques (l'infiniment petit) en une loi unique.

Pour cela, il semble nécessaire de commencer par une refonte complète des modèles de la physique que nous connaissons actuellement. Unifier toutes les forces en une seule ne me paraît pas judicieux dans l'état actuel de la science physique car ces forces ne répondent pas à un phénomène physique commun. Parfois même, ces lois sont tellement éloignées et opposées qu'il devient nécessaire de créer une théorie tampon pour raccorder les forces entre elles : tout comme la théorie des cordes qui tente en vain d'unifier la relativité générale et la mécanique quantique.

Prenons de la hauteur et cherchons un phénomène physique qui soit le dénominateur commun de toutes les lois de la physique. Si nous trouvons ce dénominateur commun, à ce moment et seulement à ce moment, l'unification serait possible ! À ce stade de lecture, vous devinez aisément que le dénominateur auquel je pense est l'espace lui-même que je considère depuis le début de ce livre comme une substance physique à part entière. Toute ma théorie repose sur l'étude de l'espace et son impact sur les lois de la physique, raison pour laquelle je l'ai nommée la théorie spatiale.

Dans un premier temps, nous exposerons les principes universels qui posent les fondations de la théorie spatiale. Celle-ci repose sur la construction de principes qui sont les plus larges possibles et qui regroupent ainsi un maximum de phénomènes physiques.

Dans un second temps, nous présenterons certaines caractéristiques de l'espace en supposant que la lumière est véhiculée par la déformation de l'espace.

Puis, nous confronterons la théorie spatiale à différentes lois de la physique comme la gravitation universelle et l'expansion de l'univers. Nous expliquerons aussi l'anomalie des courbes de rotation des galaxies sans l'intervention de la matière noire.

Enfin nous consacrerons tout un chapitre à la définition de deux constantes universelles : la célérité c et la constante gravitationnelle G .

Commençons par énoncer les principes fondamentaux qui seront utilisés dans cette partie.

Chapitre 1 - Énoncé des principes

L'étude d'un système se résume à suivre l'évolution des grandeurs qui le caractérisent. Sa description repose uniquement sur trois grandeurs : l'espace, le temps et la masse que je nommerai « variables primaires ». Toutes les autres grandeurs, appelées « variables secondaires », sont déterminées à l'aide des « variables primaires ».

Nous utilisons fréquemment la notion de masse, de temps et d'espace, mais sommes-nous en mesure de les expliquer concrètement ? Pourriez-vous formuler une définition précise et claire de ces grandeurs ? Personnellement, j'en serai incapable ! Et pourtant, ces éléments ont un impact dans notre vie quotidienne que nous pouvons constater. Je ne m'appesantirai pas à faire un exposé sur la notion du « temps », d'autant plus que certains auteurs l'ont remarquablement bien traitée.

- **Qu'est-ce que la masse ?**

Et si je vous demandais ce qu'est la masse ? Que me répondriez-vous ? Sans doute pas grand chose ! J'avouerais qu'à ce stade du

livre, je ne pourrais pas vous en dire beaucoup plus. En fait, on ne sait pas vraiment ce qu'est la masse ; je pense qu'il faut être honnête aussi bien envers les autres qu'envers soi-même. Cette grandeur est l'un des plus grands mystères de la science, mais j'ai tout de même une petite idée sur la question...

On sait que la masse n'est pas une grandeur intrinsèque à un objet dans la mesure où elle dépend de sa vitesse : plus l'objet se déplace vite, et plus celui-ci semble devenir lourd.

La résistance d'un corps au changement de sa trajectoire est égale à sa masse qui à son tour augmente avec sa vitesse : plus un corps se déplace vite et plus il devient difficile d'augmenter sa vitesse : la résistance est donc d'autant plus grande que la vitesse du corps est grande.

Quoiqu'il en soit, la masse demeure l'unique grandeur qui définit la résistance d'un corps à changer sa vitesse, sa direction ou son sens.

Vous noterez que la vitesse est une variable secondaire qui dérive de deux variables primaires : l'espace et le temps. La masse, qui dépend de la vitesse, est alors fonction de l'espace et du temps.

Si vous me posez à nouveau la question : qu'est ce que la masse ? Je vous répondrais cette fois-

ci : « la masse est une grandeur qui est engendrée par l'espace et le temps ». Bien que je ne le démontre pas dans cet ouvrage, le temps semble être le résultat d'une succession de renouvellement d'espace dans un univers discontinu. L'espace serait alors à l'origine du temps et, par effet ricoché, serait aussi la source de la masse ; la masse serait donc engendrée par l'espace, en cohérence avec la notion de couple « masse/espace » exposée dans la partie I. Tous mes raisonnements et mes expériences de pensée me conduisent à la même conclusion : l'espace est à l'origine de la masse !

Comprendre l'origine d'une grandeur est loin d'être suffisant pour la définir. Vous noterez que je n'ai toujours pas répondu à ma fameuse question : qu'est-ce que la masse ? Rassurez-vous ! J'y répondrai dans un des chapitres suivants.

On sait aussi que la masse peut se transformer en énergie, et que, réciproquement, l'énergie peut se transformer en masse. Par exemple, lorsqu'un corps perd de la masse alors cette perte de masse se transforme en énergie cinétique ; c'est-à-dire qu'elle se transforme en

mouvement de sorte à donner plus de vitesse au corps.

Imaginez une particule qui se déplace à une vitesse constante dans une direction et un sens. Le principe d'inertie énonce que si aucune action ne vient perturber cette particule, elle conserve sa trajectoire. Tout à coup, pour une raison quelconque, cette particule perd de la masse : de la masse « disparaît » de cette particule ! Une action a donc perturbé le système, qu'est la particule, en lui soustrayant de la masse. La masse n'est pas, *a priori*, un élément physique ; elle semble être une grandeur caractéristique de l'état d'un corps. La particule n'a pas, à proprement dit, perdu de matière physique, son état a tout simplement changé.

La masse caractérise la capacité d'un corps à résister à la variation d'une trajectoire. Plus la masse est grande, plus le corps résiste à cette variation. Cette masse est une action, une force qui s'exerce sur le corps et qui se manifeste uniquement lors d'un changement de trajectoire.

Le principe de conservation d'énergie est l'une des règles fondamentales de la physique : l'énergie ne se crée pas et ne se détruit pas, elle passe d'un système à un autre. Une force étant équivalente à une énergie, une action ne se détruit

pas, elle se communique d'un système à un autre. La masse, considérée comme une force, va, dans l'exemple précédent, subitement changer de fonction. Elle va basculer, en se « détruisant », d'une force d'opposition à une force d'encouragement au changement de vitesse : c'est un comportement totalement opposé !

Notre raisonnement semblait tenir la route, et pourtant un grain de sable perturbe notre cheminement. Nous avons visiblement loupé une marche de notre escalier. Qu'est ce qui cloche dans notre raisonnement ? Je vous laisse le soin de répondre vous-même à cette question. Cependant, je vous donne une piste de réflexion : pour une perturbation fixée, moins le corps est massif et plus il peut se déplacer rapidement.

Encore une fois, vous constaterez que la masse traduit une résistance à la variation du mouvement.

- **Variables d'état et d'évènement**

Dans tous les cas, la grandeur d'état qui caractérise la résistance à la variation au mouvement est la masse. La masse indique l'état dans lequel se trouve le système pour une

position et un temps donnés : la masse est ce que j'appelle une « variable d'état ».

Nous décomposerons les variables primaires en deux catégories : la variable d'état et les « variables d'évènements ».

Nous suivrons l'évolution de l'état du système, caractérisé par la masse, à l'aide des variables d'évènements : le temps et la position ; les dimensions et la vitesse du système peuvent être calculées à partir de ces deux variables. Toutes les autres grandeurs d'état (la pression, la température, l'énergie, etc.) sont calculées à partir de la variable d'état et des variables d'évènement. En clair, la masse, le temps et la position suffisent à décrire et suivre l'évolution de n'importe quel système dans l'univers. Cependant, il est plus facile de caractériser un système par des variables d'état dérivées comme la pression, la température ou l'énergie.

Un état est défini par l'ensemble des valeurs des grandeurs d'état qui caractérisent le système. Cet état est dit stable lorsque ces variables sont constantes ; dans ce cas, les grandeurs ne varient plus au cours du temps et le système se trouve dans ce que nous appelons un état d'équilibre : un système est alors dans un état

d'équilibre ou de déséquilibre lorsqu'il est respectivement dans un état stable ou instable.

- **Principe d'équilibre universel**

Tout système, spontanément, tend à retrouver son état d'origine ou naturel, le conduisant ainsi à évoluer vers un état d'équilibre.

Toutefois, pour qu'un système évolue vers un état d'équilibre, il est nécessaire qu'une action ait perturbé son équilibre. De la même façon, pour qu'un système s'équilibre, une action doit s'exercer sur le système pour le rééquilibrer. C'est pourquoi je définirai par perturbation, une action qui déséquilibre ou équilibre l'état d'un système.

Un système instable, qui évolue vers un état stable, implique nécessairement un mouvement de certains éléments matériels qui le composent. Or la masse s'oppose à la variation du mouvement d'un corps ; qui dit mouvement d'un corps massique, dit résistance à toute variation de déplacement ! Ainsi, toute perturbation P de l'état d'un système engendre systématiquement une autre perturbation P' et une résistance R à la perturbation P'.

Un système tend à retrouver un état d'équilibre qui correspond à son état le plus stable : son état originel ou naturel. Cette stabilité est obtenue par l'équilibre de l'ensemble des variables qui définissent l'état d'un système. Lorsque celui-ci subit une perturbation de déséquilibre Δ_d alors une autre perturbation d'équilibre Δ_e apparaît pour obtenir un nouvel état d'équilibre.

Un certain temps est nécessaire afin de parvenir à stabiliser un système. Si la résistance n'existait pas, alors un système se rééquilibrerait de manière instantanée. Imaginez que vous perturbez un système qui n'oppose pas de résistance. Aussitôt déséquilibré, le système se rééquilibrerait : tout se passerait comme si le système était constamment en équilibre. La résistance caractérise donc le temps nécessaire à un système pour s'équilibrer : plus la résistance est grande, plus le temps nécessaire à l'équilibre du système sera long.

La traduction mathématique de ce que nous venons de décrire dans cette section s'énonce par la loi d'équilibre universelle qui suit : « Tous les phénomènes physiques engendrent une loi sous la forme $\Delta_d = R_e \cdot \Delta_e$. »

Δ_e : la perturbation d'équilibre.

R_e : la résistance d'équilibre.

Δ_d : la perturbation de déséquilibre.

De ce principe découlent de nombreux sous-principes dont celui du déséquilibre spatial ; toute variation spatiale d'une grandeur G_d , afin de stabiliser le système, induira une variation temporelle d'une grandeur d'équilibre G_e .

Cette loi s'écrit sous la forme suivante :

$$\overrightarrow{\text{grad}}(G_d) = R_e \frac{d\overrightarrow{G_e}}{dt}.$$

Nous rappelons que l'opérateur mathématique $\overrightarrow{\text{grad}}(G_d)$ traduit une variation de la grandeur G_d dans l'espace.

Le principe d'équilibre universel permet de regrouper tous les phénomènes physiques à l'aide d'une loi très large qui nous permet ainsi d'espérer unifier toutes les lois de la physique en une loi unique. Cependant, ce principe n'est pas suffisant car figurent, dans les équations de la physique, ce que l'on appelle des constantes. Pour l'instant, aucune théorie ne permet de les calculer, elles sont déterminées uniquement de manière expérimentale. Nous limiterons notre réflexion à l'étude des constantes universelles ; à savoir des

constantes qui sont valables en tout temps et en tout point de l'espace de notre univers.

- **Principe des constantes universelles**

Toutes les constantes qui figurent dans les équations de la physique dépendent de leur environnement et de leur milieu. Leurs caractères universels ne peuvent que découler des grandeurs directes de l'univers ; sinon, comment ces constantes pourraient-elles être valables en chaque point de l'espace de l'univers ?

Les constantes ne sont que le reflet de l'incompréhension de notre univers. Toutes les constantes, qu'elles soient universelles ou non, peuvent s'exprimer par les grandeurs qui caractérisent leur milieu : les constantes universelles dépendent, *a fortiori*, des grandeurs caractéristiques de notre univers.

De plus, tout système est défini par la variable d'état (la masse) et les variables d'évènements (le temps et l'espace) ; par conséquent, tous les phénomènes physiques peuvent être décrits uniquement avec la masse, le temps et la position : il en va de même pour les constantes.

Partie II – Énoncé des principes

Ainsi le principe des constantes universelles s'énonce de la manière suivante :
« Les constantes universelles sont le résultat d'une combinaison de variables primaires qui caractérisent l'univers lui-même. »

Nous rappelons que les variables primaires regroupent l'espace, la masse et le temps.

Après vous avoir exposé les deux principes ; à savoir le principe d'équilibre universel et le principe des constantes universelles, nous allons à présent déterminer quelques propriétés de l'espace.

Chapitre 2 - Propriétés de l'espace

L'existence même de l'espace dans lequel nous nous déplaçons me paraît fascinante et énigmatique. L'espace dans lequel baignent et se déplacent tous les corps renferme énormément de mystères.

De quoi l'espace est-il composé ? Quelles sont ses propriétés ? Comment se comporte-il sur les corps ? Est-il à l'origine des lois de la physique ? Beaucoup d'interrogations m'envahissent !

Le mode de déplacement d'une onde électromagnétique et l'invariance de la vitesse de la lumière me permettront de définir certaines propriétés de l'espace.

- **Milieu de propagation d'une onde électromagnétique**

Faisons l'hypothèse que l'onde électromagnétique serait véhiculée par la déformation de l'espace lui-même. Cette supposition implique que la propagation de cette onde trouve son support de déplacement directement de l'espace lui-même. On sait aussi que cette onde se déplace à la célérité c dans le vide.

- **Invariance de la vitesse de la lumière et espace propre**

La vitesse de la lumière ne dépend pas du référentiel de l'observateur. Quelle que soit la vitesse de l'observateur par rapport à la source de la lumière, la vitesse de la lumière c est constante. Comment expliquer l'invariance de cette vitesse ? Nous avons déjà répondu à cette question, mais il me semble nécessaire de faire un rappel dans ce chapitre car cette notion complexe est un point fondamental de la théorie spatiale.

Imaginons que chaque observateur possède son volume d'espace propre qui lui est attaché. Cet espace, qui est fixe par rapport à l'observateur, le suit constamment dans son mouvement.

Selon mon hypothèse de départ, l'onde électromagnétique est véhiculée par la déformation de l'espace lui-même. Supposons maintenant qu'un observateur crée une perturbation dans son espace propre, alors tous les autres espaces propres superposés subissent aussi la même perturbation.

Comme nous l'avons vu précédemment, cette perturbation se déplace à la vitesse de la lumière c dans l'espace propre de chaque observateur. Que

ce dernier se déplace ou non, son espace propre reste fixe par rapport à lui. L'observateur perçoit donc la lumière à la vitesse constante c quelle que soit la vitesse de la source de lumière.

Au-delà de l'étude scientifique, vous aurez compris que chaque observateur vit ses événements dans son espace propre qui lui est fixe et dédié. Même si les espaces propres de chaque individu sur Terre sont connectés les uns avec les autres, il n'en demeure pas moins que la perception de chacun d'entre nous se fait dans notre espace propre. Ceci dit, nous sommes tous liés et unis les uns aux autres par la superposition de nos espaces propres.

- **Caractéristiques d'un espace propre**

Un objet matériel, muni de son espace propre qui lui est fixe, ne se déplace pas dans son espace propre mais dans l'espace propre formé par l'ensemble des autres corps qui l'entourent.

Nous rappelons que le volume d'espace propre créé par l'objet dépend de sa masse. Si nous considérons que la masse m_C d'un corps engendre un volume d'espace propre sphérique, alors son rayon est donné par la relation suivante :

$r_P = \sqrt[3]{\frac{m_C}{\frac{4}{3}\pi\rho_U}}$, où ρ_U est la masse volumique de l'univers.

Un calcul rapide nous permet d'estimer le rayon de notre espace propre. Choisissons un grand gaillard dont la masse est de 80 kg et prenons comme masse volumique de l'univers 2.10^{-26} kg.m⁻³, alors ce rayon est environ d'un milliard de mètres. Pour vous donner une idée de l'étendue de la taille de votre espace propre, sachez que la Lune se trouve à 384 millions de mètres de notre planète : cela veut dire que la Lune se déplace dans l'espace propre de chacun d'entre nous. L'espace propre est quelque peu déroutant !

Lorsque nous étudions un phénomène physique, se pose alors la problématique du choix de cet espace propre. Quel espace propre faut-il considérer pour notre étude ? Il faut bien distinguer l'espace propre de chaque objet et l'espace propre global formé par l'ensemble des espaces propres des objets. Nous choisirons l'espace propre formé par les espaces propres des éléments qui composent le système que nous étudions. Par exemple, nous choisirons l'espace propre du système solaire pour étudier la rotation

des planètes autour du soleil ; et nous choisirons l'espace propre de la Terre pour étudier la rotation des satellites autour de la Terre.

Il est important de préciser qu'un même point de l'espace peut se trouver à des positions différentes de l'univers. En effet, selon l'espace propre considéré, le point ne se situera pas au même endroit : un objet peut se situer à plusieurs endroits à la fois selon l'espace propre considéré.

La relation entre les objets et l'espace paraît plus subtile qu'à première vue. Quelle est la relation physique entre le corps et son espace propre ? Le corps subit-il une action de la part de son espace propre ?

- **Densité spatiale**

Imaginons un corps isolé, noté C, de masse m_C et muni de son espace propre. La densité spatiale locale ρ_E de cet espace propre est définie par la répartition de la masse, m_C , occupée dans un volume d'espace sphérique de rayon r_E et d'origine le centre de gravité du corps C. La densité spatiale s'exprime sous la forme suivante : $\rho_E = \frac{m_C}{\frac{4}{3}\pi r_E^3}$.

Cette formule a été déterminée de sorte à retrouver l'accélération provoquée par la gravitation universelle. Comment interpréter physiquement cette relation ?

Un lien permanent subsiste entre l'espace propre et son corps associé ; tout se passe comme si la masse du corps était répartie et étalée dans son espace propre. Cette masse « induite » constitue l'énergie de l'espace puisqu'il y a une équivalence entre la masse et l'énergie selon la célèbre équation d'Einstein $E = mc^2$; la densité spatiale définit la répartition de l'énergie, qu'engendre la masse du corps associé, dans son espace propre : cette densité, qui représente l'énergie contenue dans l'espace, est induite par la présence de la masse du corps dans l'espace. Lorsque plusieurs corps sont présents, alors leurs espaces propres se superposent et la densité spatiale locale est modifiée.

Nous verrons par la suite que la vitesse de rotation des étoiles autour des galaxies, nous aidera à comprendre la manière dont la densité spatiale est définie dans un système qui comprend plusieurs corps.

Mes différentes réflexions me mènent à penser que la masse et l'espace sont tous deux

une manifestation d'un état spatial caractérisé par une force ; la masse serait équivalente à une force, de la même façon que l'espace serait équivalent à une force.

Ces forces sont engendrées, selon le principe d'équilibre, par des perturbations d'équilibre et de déséquilibre. Les deux éléments principaux qui constituent l'univers, à savoir la masse et l'espace, sont le résultat d'un état de l'espace qui se manifeste sous forme d'une tension caractérisée par une densité spatiale.

Nous avons décrit la propagation de la lumière par le déplacement d'une déformation de l'espace, mais comment allons nous modéliser cette déformation ? Pour cela, nous supposerons que l'espace se comporte comme une corde.

- **Analogie entre espace et corde**

L'espace est une substance physique qui véhicule une onde électromagnétique en vibrant. Imaginons maintenant que l'univers se comporte comme une corde vibrante qui serait le support de propagation des ondes électromagnétiques.

Dans un premier temps, pour des raisons de simplification, j'assimilerai une ligne d'espace à une corde vibrante.

Pour définir les caractéristiques de cette corde, j'utiliserai les propriétés de l'espace.

Tout d'abord, l'espace doit être rigide afin de permettre la propagation de l'onde ; ce qui me mène à considérer l'espace comme une corde de raideur nulle. Il convient aussi de supposer une corde de diamètre nul, car l'espace doit posséder une résistance au mouvement négligeable pour ne pas gêner le mouvement des corps. N'oubliez pas que la masse d'un corps résiste à la variation du mouvement et non au mouvement lui-même, de la même manière l'espace ne doit pas non plus modifier le mouvement d'un corps.

Enfin, une corde vibrante est caractérisée par sa tension : c'est-à-dire la force qui est exercée à chaque extrémité de la corde pour la tendre.

- **Tension spatiale**

Soit une corde, initialement au repos, qui occupe un segment le long de l'axe horizontal. Cette corde est tendue avec une force à ses deux extrémités. Nous déformons la corde dans la direction verticale et nous la relâchons. Cette perturbation provoque un déplacement vertical de

la corde qui se propage horizontalement le long de celle-ci.

Compte tenu de la rigidité de la corde, nous pouvons considérer que la déformation de la corde est négligeable. En appliquant la loi de Newton $\vec{F} = m\vec{a}$, nous obtenons l'expression de la vitesse de propagation de l'onde $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.

μ est la masse linéique de la corde ; c'est-à-dire la variation de la masse par rapport à la longueur de la corde.

T est la force avec laquelle nous tendons cette corde, nous l'appellerons la tension.

v est la vitesse longitudinale, c'est-à-dire la vitesse de propagation de l'onde sur l'axe horizontal.

La vitesse de propagation de la lumière dans le vide étant c, la relation devient $c = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ et nous obtenons la tension $T = \mu c^2$.

Toutefois, l'univers n'est pas réduit à une ligne mais à un volume d'espace, et l'onde se propage dans toutes les directions.

Nous généraliserons l'équation de la tension obtenue pour une corde vibrante à celle d'une boule vibrante de rayon r , de surface S et de masse volumique ρ . Nous obtenons alors la relation $c = \sqrt{\frac{T}{\rho \cdot S}}$; en élevant au carré la relation devient $c^2 = \frac{T}{\rho \cdot S}$. Or la surface de la sphère $S = 4\pi r^2$, d'où $T = 4\pi r^2 \rho c^2$.

Le modèle de la boule vibrante, que nous venons d'utiliser pour déterminer la tension spatiale, est trop simplifié pour correspondre à la réalité de notre théorie. Il suppose un univers qui contiendrait uniquement de l'espace sans la présence de corps matériel; or nous avons démontré que l'espace et la matière se créent par couple « espace/matière ».

Afin de pouvoir unifier le principe des constantes universelles avec la théorie spatiale, je considérerai par la suite que $T = \frac{4}{3}\pi r^2 \rho c^2$. Un facteur égal à $\frac{1}{3}$ apparaît que je suis incapable d'expliquer, pour le moment, de manière rigoureuse.

En résumé, la présence d'un corps dans l'espace engendre une tension spatiale T_E qui est donnée par la loi $T_E = \frac{4}{3}\pi r_E^2 \rho_E c^2$.

T_E est la force qui s'exerce sur un point de l'espace qui se situe sur la surface sphérique de rayon r_E .

r_E est la distance entre le point d'espace considéré et le centre de gravité du corps.

ρ_E est la masse volumique spatiale induite par la présence de la masse m_C du corps : elle correspond à la densité spatiale définie précédemment.

c est la vitesse de la lumière dans le vide.

La tension de l'espace n'agit pas comme une force traditionnelle, elle n'est pas directement applicable sur un corps avec la loi de Newton $\vec{F} = m\vec{a}$.

En effet, le mouvement des corps ne doit pas être gêné par l'espace : une action directe de l'espace sur les corps n'est pas possible. L'espace agit sur le corps par différence de potentiel ; c'est une force latente qui se manifeste, sous forme de flux, par la variation dans l'espace de la tension.

- **Accélération universelle**

Tentons à présent d'appliquer notre principe d'équilibre à un corps qui se trouve dans l'espace. Il ne me semble pas improbable que l'état naturel de ce corps soit le néant car il n'y a aucune raison qu'un corps et un espace puissent exister dans l'univers. Partant de cette hypothèse, l'espace qui entoure ce corps, afin de rétablir l'équilibre qui est par hypothèse le néant, aurait tendance à exercer une pression sur celui-ci de sorte à vouloir le détruire. Ce corps, ne comptant pas se laisser faire, émet une résistance de sorte à survivre. Il est à noter que l'action de l'espace est dirigée vers le centre de gravité du corps.

Imaginez qu'un objet traverse l'espace environnant de ce corps, alors cet objet subira la même action que subit le corps de la part de l'espace. Par conséquent, l'objet sera dirigé par l'espace vers le centre du corps. Tout se passe comme si l'objet était attiré par le corps. Vous constaterez une forte similitude entre ce phénomène et la gravitation universelle. Attention ! Cela ne signifie pas que l'espace agit directement sur le corps ou l'objet. Tout ce que nous pouvons dire est que l'espace, d'une manière ou d'une autre, agit sur les corps.

L'accélération gravitationnelle est-elle vraiment due au déséquilibre exposé ci-dessus ? Tous les corps, qui se trouvent dans l'univers et qui subissent la gravitation ou l'expansion accélérée de l'univers, ne se déplacent pas par magie ou par l'intervention d'une forme de matière et d'énergie inconnues. Je suis intimement convaincu que l'espace exerce une action sur les corps par l'intermédiaire de sa tension ; et provoque ainsi, selon la configuration spatiale des corps répartis dans l'univers, non seulement l'attraction des corps les uns vers les autres mais aussi l'éloignement des corps les uns des autres.

Selon le principe de déséquilibre spatial, toute variation d'une grandeur dans l'espace provoque un déplacement qui se manifeste sous la forme d'un « flux vectoriel » par la loi :

$$\frac{d\vec{G}_e}{dt} = \frac{1}{R_e} \cdot \overrightarrow{\text{grad}} (G_d).$$

G_e est la grandeur d'équilibre.

G_d est la grandeur de déséquilibre.

R_e est la résistance d'équilibre.

Nous rappelons que le flux est un déplacement d'une grandeur qui matérialise nécessairement le mouvement d'un corps.

Ce principe nous donne l'expression du flux qui est lié à l'inhomogénéité de la tension spatiale T_E , soit $\vec{\Phi}_E = k_E \cdot \vec{\text{grad}} T_E$.
 $k_E = \frac{1}{R_e}$ correspond à la conductivité d'équilibre.

La tension ne dépend que de la distance radiale r et de la densité spatiale ρ_E . La relation du flux devient donc $\Phi_E = k_E \frac{dT_E}{dr}$.

À supposer que ce phénomène spatial soit bien à l'origine de l'accélération gravitationnelle, il paraîtrait judicieux de considérer Φ_E comme une accélération ; ce qui implique que la constante k_E est un rapport d'une distance par une masse. La gravitation étant un phénomène universel, k_E est *a fortiori* une constante universelle.

Soit M_U et R_U respectivement la masse et le rayon de l'univers. Nous entendons par masse de l'univers, la masse de l'ensemble des corps qui baignent dans l'univers. De plus nous assimilons notre univers à une sphère de rayon R_U . La masse M_U est définie par celle des corps au repos dans le système « univers » : c'est-à-dire la masse qu'auraient les corps s'ils étaient immobiles dans l'univers choisi comme référentiel.

Selon le principe des constantes universelles, la constante k_E s'exprime en fonction des variables primaires de l'univers ; il paraît donc naturel de fixer $k_E = \frac{R_U}{M_U}$. De plus, nous allons montrer dans le chapitre 4 présenté ci-après que $\frac{M_U}{R_U} = \frac{c^2}{G}$ (nous rappelons que G est la constante gravitationnelle et que c est la vitesse de la lumière dans le vide).

En posant $\mu_U = \frac{M_U}{R_U}$, nous obtenons $k_E = \frac{1}{\mu_U}$. Le flux de déplacement devient donc $\Phi_E = \frac{1}{\mu_U} \frac{dT_E}{dr}$ avec $\mu_U = \frac{c^2}{G}$.

Ce flux correspond à l'accélération universelle que provoque l'espace sur un corps. Une accélération est une variation de la vitesse au cours du temps. Si l'accélération est négative, alors le corps perd de la vitesse au cours du temps et se déplace de moins en moins vite. Si au contraire l'accélération est positive alors le corps gagne de la vitesse et se déplace de plus en plus vite. Dans le cas où l'accélération est nulle, alors le corps se déplace à une vitesse constante.

Cette accélération universelle est, à mon avis, à l'origine de la gravitation universelle, de l'expansion de l'univers et de la rotation des étoiles autour des galaxies.

Notre démarche a d'abord consisté à supposer que l'accélération universelle est à l'origine de la gravitation. Bien que cette hypothèse repose sur une base solide, il convient de noter que l'équation de l'accélération universelle n'a pas été obtenue de manière suffisamment rigoureuse pour la valider scientifiquement à ce stade.

À partir d'une supposition, nous obtenons un résultat pour lequel nous vérifierons, par la suite, la cohérence avec d'autres phénomènes physiques qui paraissent *a priori* indépendants de l'hypothèse de départ. Si la cohérence est avérée pour de nombreux cas, alors l'hypothèse de départ est suffisamment solide pour permettre de regrouper plusieurs phénomènes physiques en un seul.

Pour valider cette accélération, nous allons, dans le prochain chapitre, l'appliquer à différents phénomènes physiques.

Chapitre 3 - Application de l'accélération universelle aux lois de la physique

Tout mène à penser que la gravitation universelle, l'expansion de l'univers accélérée et l'anomalie des courbes de rotation des galaxies s'expliquent par la tension spatiale. Ces phénomènes physiques se manifesteraient sous forme d'une accélération universelle que nous avons déterminée précédemment à l'aide du flux induit par la tension spatiale.

La compréhension de cette tension repose essentiellement sur celle de la densité spatiale.

Nous avons déterminé, grâce à l'application de la théorie spatiale à la gravitation universelle, la répartition de la densité dans l'espace propre d'un corps isolé. À présent, l'objectif est de comprendre la manière dont les densités de chaque espace propre superposé se combinent en fonction de la répartition des corps dans un système.

Après cette étape, et à partir de la répartition de la masse visible dans l'univers, nous serons en mesure de déterminer la densité spatiale en chaque point de l'univers.

La répartition dans l'univers de la densité spatiale à un instant t nous permettra de calculer l'accélération de chaque corps présent dans l'univers ; ainsi, nous serions capables de suivre la dynamique de chaque corps qui se déplace dans l'univers.

Mais avant tout, il est nécessaire de comprendre la manière dont la densité spatiale est organisée en fonction de la masse visible.

L'étude de l'accélération des corps, pour des phénomènes physiques connus, nous permettra d'exprimer les densités spatiales. Ces cas particuliers nous informeront notamment sur le lien entre la masse visible d'un corps et la densité spatiale induite.

Commençons par exprimer la forme générale de la densité spatiale pour l'appliquer, par la suite, à la gravitation, à l'expansion de l'univers et à la rotation des galaxies.

- **Accélération universelle et densité spatiale**

Les deux relations $a_U = \frac{G}{c^2} \frac{dT_E}{dr}$ et $T_E = \frac{4}{3} \pi r_E^2 \rho_E c^2$ nous permettent de définir une équation générale de l'accélération universelle :

$$a_u = \frac{4}{3}\pi G \left(2r\rho_E + r^2 \frac{d\rho_E}{dr} \right).$$

r est la position radiale qui a pour origine le point central de l'espace propre étudié.

Vous remarquerez que l'accélération universelle dépend de la densité spatiale mais aussi de sa variation dans l'espace.

Par la suite, nous examinerons des lois de la physique dont on connaît l'accélération des corps. À partir de ces accélérations, nous pourrions déterminer la densité spatiale de l'espace propre du système étudié. C'est pourquoi nous exprimons la densité spatiale en fonction de l'accélération universelle. La résolution de l'équation différentielle de l'accélération universelle nous donne l'expression générale de

$$\rho_E = \frac{\lambda(r)}{r^2} + \rho_0 \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 \quad \text{avec} \\ \lambda(r) = \frac{1}{\frac{4}{3}\pi G} \int a_u dr \quad (\rho_0 \text{ et } r_0 \text{ sont des constantes}).$$

Réciproquement, connaître la répartition de cette densité dans l'espace permettra de définir l'accélération des corps.

Commençons par exprimer la densité spatiale pour l'accélération gravitationnelle.

- **Gravitation universelle et densité spatiale**

Nous supposons que l'accélération gravitationnelle est un cas particulier de l'accélération universelle. Cette hypothèse nous permettra de déterminer la distribution de la densité spatiale engendrée par un corps isolé.

Tout objet qui se trouve dans le champ gravitationnel engendré par un corps subit une attraction qui se manifeste sous forme d'accélération gravitationnelle. À l'aide de la gravitation, nous définirons la densité spatiale dans le cas d'un couple « corps/espace propre » isolé.

Soit un corps compact de masse m_C , de rayon r_C et de masse volumique ρ_C . L'accélération gravitationnelle que subit l'objet par le corps est $a_G = -G \frac{m_C}{r^2}$.
 G est la constante gravitationnelle universelle.

Cette accélération est supposée être la même que celle décrite par l'accélération universelle. En posant l'égalité de ces deux équations, nous obtenons la relation :

$$\frac{4}{3}\pi G \left(2r\rho_E + r^2 \frac{d\rho_E}{dr} \right) = -G \frac{m_C}{r^2}.$$

Après simplification, la relation devient :

$$2\rho_E + r \frac{d\rho_E}{dr} = -\frac{m_C}{\frac{4}{3}\pi r^3}.$$

La résolution de cette équation, complétée par la condition $\rho_E(r_C) = \rho_C$, permet de définir la densité spatiale ; il est à noter que ρ_E est du même signe que la masse, donc ρ_E est positive. Cette égalité suppose que la masse répartie dans l'espace est rigoureusement identique à celle du corps associé.

Cette condition est très importante car elle implique une conséquence sur l'univers qui est fondamentale et que nous exposerons aussi dans la section qui traite de la masse visible des galaxies. La masse totale répartie dans l'espace propre est égale à l'opposé de celle de son corps associé ; ce qui implique que la masse globale d'un couple « espace propre/corps associé » est strictement nulle. De la même manière, la masse globale de l'univers est rigoureusement nulle puisque l'ensemble de ces couples forment notre univers ; raison pour laquelle, on ne trouve pas trace d'antimatière dans l'univers. L'antimatière

n'est peut être rien d'autre que l'espace lui-même !

Revenons à l'accélération universelle, la résolution de l'équation différentielle nous donne la densité spatiale $\rho_E = \frac{m_C}{\frac{4}{3}\pi r^3}$.

Nous concluons qu'un corps isolé engendre une densité spatiale dans son espace propre $\rho_E = \frac{m_C}{\frac{4}{3}\pi r^3}$.

La gravitation universelle permet de définir la densité spatiale pour un corps isolé. Qu'en est-il pour un système plus complexe qui comporte plusieurs corps ?

- **Expansion de l'univers et équation de Friedmann**

L'objectif de cette section n'est pas de démontrer que l'univers est en expansion accélérée. Notre démarche consiste plutôt, à partir du fait que l'univers est en expansion, de déduire la répartition de la densité spatiale dans l'univers. Cette étape nous permettra par la même occasion d'obtenir une équation qui décrit l'expansion de l'univers. Si notre théorie est correcte, nous

devrions retrouver la fameuse équation de Friedmann qui décrit l'expansion de l'univers.

La loi d'Hubble nous donne l'expression de la vitesse d'expansion de l'univers. Cependant, l'expression de l'accélération d'expansion de l'univers n'est pas encore connue aujourd'hui. Nous pourrions l'obtenir à l'aide de la loi d'Hubble puisque l'accélération est la variation de la vitesse par rapport au temps. Malheureusement, on ne connaît pas l'expression de la constante d'Hubble H qui dépend du temps. La grandeur H est communément appelée constante d'Hubble ; or cette grandeur dépend du temps, je la désignerai donc dans la suite par variable d'Hubble.

Ma première difficulté a été de déterminer l'accélération de l'expansion de l'univers. Sans entrer dans le détail, certaines études que j'ai effectuées mènent à penser que l'accélération qui caractérise l'expansion de l'univers, à notre époque, s'exprime selon l'expression :

$$a_H = H^2 \cdot r.$$

r est la distance parcourue par le corps depuis le centre de l'univers. Vous aurez compris que j'ai considéré l'univers comme une sphère qui s'étend depuis un point qui est le centre de l'univers.

Cette accélération a été déduite de la vitesse d'éloignement de deux corps, séparés d'une distance d , exprimée par la loi d'Hubble :

$$v = H \cdot d.$$

À l'aide de cette accélération, nous définissons la répartition de la densité spatiale de l'univers de sorte à exprimer la variable d'Hubble H .

L'expression que nous allons démontrer correspond à une solution de l'équation d'Einstein dans le cas de l'expansion d'un univers sphérique.

De la même façon que la gravitation, nous supposons une égalité entre l'accélération universelle et l'accélération due à l'expansion de l'univers. Nous obtenons ainsi l'égalité $\frac{4}{3}\pi G \left(2r\rho_E + r^2 \frac{d\rho_E}{dr} \right) = H^2 r$; en simplifiant cette expression, nous obtenons $\left(2\rho_E + r \frac{d\rho_E}{dr} \right) = \frac{H^2}{\frac{4}{3}\pi G}$.

La résolution de l'équation différentielle donne, dans le cas de l'expansion de l'univers, l'expression de la densité spatiale :

$$\rho_E = \frac{H^2}{\frac{8}{3}\pi G} + \rho_0 \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 .$$

L'expression de H en fonction de ρ_E est alors :

$$H^2 = \frac{8}{3}\pi G\rho_E - \frac{8}{3}\pi G\rho_0 \left(\frac{r_0}{r}\right)^2.$$

Cette équation contient deux constantes ρ_0 et r_0 qui sont des inconnues. Afin de les déterminer, nous nous placerons dans la condition limite où $r = R_U$, c'est-à-dire à l'extrémité de la surface de l'univers.

Dans cette condition limite, la densité spatiale ρ_E correspond à la répartition de la masse de l'univers dans l'espace global de l'univers, donc $\rho_E = \rho_U$ (ρ_U est la masse volumique de l'univers). La masse répartie dans l'espace de l'univers correspond rigoureusement à la masse de l'ensemble des corps présents dans l'univers.

De plus nous avons démontré dans le chapitre 4 que $H^2 = \frac{4}{3}\pi G\rho_U$.

Un point qui se situe à l'extrémité de l'univers se trouve à une distance du centre de l'univers qui correspond au rayon de l'univers R_U . Si nous nous plaçons dans cette condition limite ($r = R_U$),

$$\text{alors } H^2 = \frac{8}{3}\pi G\rho_U - \frac{8}{3}\pi G\rho_0 \left(\frac{r_0}{R_U}\right)^2 = \frac{4}{3}\pi G\rho_U.$$

Cette égalité nous donne la relation suivante :

$$\rho_0 r_0^2 = \rho_U \frac{R_U^2}{2}.$$

En remplaçant $\rho_0 r_0^2$ par $\rho_U \frac{R_U^2}{2}$ dans l'équation

$$H^2 = \frac{8}{3} \pi G \rho_E - \frac{8}{3} \pi G \rho_0 \left(\frac{r_0}{r}\right)^2, \text{ nous obtenons une}$$

nouvelle expression de la variable d'Hubble

$$H^2 = \frac{8}{3} \pi G \rho_E - \frac{4}{3} \pi G \rho_U \left(\frac{R_U}{r}\right)^2.$$

Nous avons aussi démontré, dans le chapitre 4, que $R_U = \frac{c}{H}$; les relations $H^2 = \frac{4}{3} \pi G \rho_U$ et $R_U = \frac{c}{H}$

nous permettent de déduire $c^2 = \frac{4}{3} \pi G \rho_U R_U^2$,

$$\text{d'où } \frac{4}{3} \pi G \rho_U \left(\frac{R_U}{r}\right)^2 = \left(\frac{c}{r}\right)^2.$$

Remplaçons $\frac{4}{3} \pi G \rho_U \left(\frac{R_U}{r}\right)^2$ par $\left(\frac{c}{r}\right)^2$ dans l'équation

$$H^2 = \frac{8}{3} \pi G \rho_E - \frac{4}{3} \pi G \rho_U \left(\frac{R_U}{r}\right)^2; \text{ nous obtenons}$$

une nouvelle forme de la variable d'Hubble :

$$H^2 = \frac{8}{3} \pi G \rho_E - \left(\frac{c}{r}\right)^2.$$

La solution des équations de la relativité générale qui décrit l'expansion de l'univers est donnée par

$$\text{la relation } H^2 = \left(\frac{dR}{R dt}\right)^2 = \frac{8}{3} \pi G \rho_E - k \left(\frac{c}{r}\right)^2;$$

dans le cas d'un univers de courbure sphérique, la constante k qui figure dans la solution de l'équation est égale à 1 ($k = 1$) ; la solution de la relativité devient alors $H^2 = \frac{8}{3}\pi G\rho_E - \left(\frac{c}{r}\right)^2$.

L'expression de la variable d'Hubble H , trouvée dans cette étude, correspond à la solution des équations de la relativité dans le cas de l'expansion d'un univers de courbure sphérique.

Ceci montre que non seulement notre hypothèse de départ est en cohérence avec l'expansion de l'univers, mais en plus que la théorie spatiale est en adéquation avec la relativité qui décrit notre univers. L'est-elle dans le cas de la rotation des étoiles autour des galaxies ?

- **Courbe de rotation plate et masse visible d'une galaxie**

Une galaxie est composée d'un ensemble d'étoiles, d'astres et de poussières qui tournent autour du centre de celle-ci. De la même façon, un amas de galaxies regroupe un ensemble de galaxies qui gravitent autour du centre de celui-ci.

La distance qui sépare un point de la galaxie, ou de l'amas de galaxies, de leur centre est appelée « distance radiale ». On représente la vitesse de rotation de la galaxie ou de l'amas de galaxies en fonction de la distance radiale par une courbe que l'on appelle « courbe de rotation ».

L'observation des courbes de rotation des galaxies montre que la vitesse de rotation des étoiles, à partir d'une certaine distance radiale, devient constante ; cette même observation a été constatée dans le cas de la rotation des galaxies autour des amas de galaxies : on parle alors de « courbe de rotation plate ».

L'accélération, qui provoque un mouvement circulaire d'un corps dont la vitesse de rotation est constante, est appelée accélération centripète : c'est-à-dire que l'accélération que subit une étoile en rotation circulaire est dirigée vers le centre de la galaxie.

L'objectif de cette section est de déterminer la répartition de la masse visible dans le cas d'une courbe de rotation plate d'une galaxie. Pour ce faire, nous introduirons l'accélération centripète qui nous conduira à exprimer la densité spatiale en fonction de la distance radiale. Cette densité nous permettra

finalement d'obtenir la distribution de la masse visible de la galaxie en fonction de la distance radiale.

La comparaison de notre résultat avec les données expérimentales, confirmera ou infirmera le lien précis entre la masse visible et la densité spatiale. Je pense que l'étude des courbes de rotation, des galaxies et des amas de galaxies, pourrait nous amener à mieux comprendre la répartition de la densité spatiale en fonction de la masse visible.

Dans le cas d'une courbe de rotation plate, la vitesse de rotation v_0 d'une galaxie est constante à partir d'une distance radiale. L'accélération universelle, qui correspond à l'accélération centripète, s'exprime sous la forme

$$a_N = -\frac{v_0^2}{r}.$$

r est la distance radiale.

$a_u = a_N$ car cette accélération centripète est supposée être un cas particulier de l'accélération universelle ; nous obtenons l'égalité :

$$\frac{4}{3}\pi G \left(2r\rho_E + r^2 \frac{d\rho_E}{dr} \right) = -\frac{v_0^2}{r}.$$

La résolution de cette équation donne l'expression de la densité suivante :

$$\rho_E = \frac{V_0^2 \ln\left(\frac{r}{r_C}\right)}{\frac{4}{3}\pi G r^2} + \rho_0 \left(\frac{r_0}{r}\right)^2.$$

La répartition de la masse visible dans l'univers nous informera sur la distribution de la densité spatiale ρ_E et *vice-versa*. La densité spatiale ρ_E est définie par la répartition de la masse des corps dans l'espace. Elle dépend de l'ensemble des corps présents dans la galaxie pour laquelle chaque corps matériel est associé à une énergie qui se répartit dans l'espace.

Dans le cas d'un corps isolé de masse m_i et de centre de gravité O, la densité qui se trouve à une distance r du point O est donnée par la relation $\rho_E = \frac{m_i}{\frac{4}{3}\pi r^3}$. Chaque corps de masse m_i apporte une densité d'énergie en chacun des points de l'espace. La somme des densités d'énergie de chacun de ces corps en un point M forme une densité spatiale locale.

La masse visible Δm_{v_i} , contenue dans le volume de la sphère de rayon r et d'épaisseur Δr , est répartie sous forme de densité spatiale de manière homogène dans la boule de rayon r_i et d'origine le centre de l'espace propre étudié. Ce qui

implique que la densité spatiale locale est :

$$\rho_E = \sum \frac{\Delta m_{V_i}}{\frac{4}{3}\pi r_i^3}.$$

Soit $m_V(r)$ la masse visible d'une galaxie en fonction de la distance radiale r de son centre. Je définis sa masse volumique $\rho_V(r)$ par la relation

$$\rho_V(r) = \frac{m_V(r)}{\frac{4}{3}\pi r^3} ; \text{ alors la masse visible de la}$$

galaxie, comprise dans le volume de la sphère de rayon r et d'épaisseur dr , est donnée par la relation : $dm_V(r) = \rho_V(r) \cdot 4\pi r^2 dr$.

L'approximation de la densité $\rho_E = \sum \frac{\Delta m_{V_i}}{\frac{4}{3}\pi r_i^3}$ sous

la forme d'un calcul intégral nous donne la

relation $\rho_E = \int_0^r \frac{\rho_V(r) 4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3} dr$; après simplification

de cette expression, nous obtenons la densité

$$\text{spatiale } \rho_E = \int_0^r \frac{3\rho_V(r)}{r} dr.$$

Puis en dérivant cette équation, nous exprimons la masse visible en fonction de la variation de la

densité spatiale $\frac{d\rho_E}{dr} = \frac{3\rho_V(r)}{r}$. Nous exprimons

alors la distribution de la densité de la matière

$$\text{visible } \rho_V(r) = \frac{r}{3} \frac{d\rho_E}{dr}.$$

Lorsque nous étudions cette relation de manière plus approfondie, nous remarquons que les signes de $\rho_V(r)$ et de ρ_E sont opposés. Par convention, nous retiendrons ρ_E positive et $\rho_V(r)$ négative.

Nous avons vu précédemment que la masse globale d'un couple « espace propre/corps associé » est nulle, ce qui impliquait que la masse et l'énergie globales de l'univers soient nulles. Cette conclusion vient du fait que la masse visible est opposée à celle de la masse répartie dans l'espace propre.

$\rho_V(r) = \frac{r}{3} \frac{d\rho_E}{dr}$ et $\rho_E = \frac{V_0^2}{\frac{4}{3}\pi G} \frac{\ln\left(\frac{r}{r_G}\right)}{r^2} + \rho_0 \left(\frac{r_0}{r}\right)^2$ nous permettent d'obtenir l'équation de la masse visible volumique ci-dessous :

$$\rho_V(r) = -\frac{V_0^2}{4\pi G} \frac{\left(1 - 2\ln\left(\frac{r}{r_0}\right)\right)}{r^2} - \frac{2}{3}\rho_1 \left(\frac{r_1}{r}\right)^2 .$$

L'analyse des vitesses de rotation de diverses galaxies spirales me conduit à poser que r_0 est égal au rayon de la galaxie R_G .

De plus, la condition limite $\rho_V(R_G) = -\frac{M_G}{\frac{4}{3}\pi R_G^3}$ permet de déterminer l'expression suivante :

$\rho_1 r_1^2 = -\frac{3V_0^2}{8\pi G} + \frac{9}{8\pi} \frac{M_G}{R_G}$; la masse volumique dans une galaxie devient $\rho_V(r) = -\frac{V_0^2}{2\pi G} \frac{\ln\left(\frac{r}{R_G}\right)}{r^2} + \frac{3}{4\pi} \frac{M_G}{R_G}$. Comme $\rho_V(r) = -\frac{m_V(r)}{\frac{4}{3}\pi r^3}$, la répartition de la masse visible dans la galaxie s'exprime par l'équation $\frac{m_V(r)}{r} = \frac{M_G}{R_G} - \frac{2}{3G} V_0^2 \ln\left(\frac{r}{R_G}\right)$.

J'ai comparé la distribution de la masse de cette expression avec celle de la masse visible relevée sur les courbes de rotation de quelques galaxies spirales : les distributions de masse sont presque identiques.

Une simulation numérique nous permettrait de connaître la densité spatiale, précise en chaque point d'une galaxie, en fonction de la répartition de la masse visible. Nous pourrions ainsi déterminer précisément la vitesse de rotation des corps d'une galaxie sans l'intervention de la matière noire.

La tension spatiale permet d'unifier les lois de la cosmologie : gravitation universelle, expansion de l'univers et matière noire. Elle permet aussi de comprendre l'origine de l'équivalence masse-énergie.

- **Équivalence entre travail de la tension spatiale et $E=mc^2$**

Nous avons énoncé précédemment que la masse était le résultat d'une force au même titre que l'espace. Tout comme la théorie des cordes, on assimilera une particule à une corde et nous exprimerons le travail effectué de la tension sur la longueur r_c d'une particule de masse m_c par $W_T = \int_0^{r_c} T_E dr$.

Nous savons que $T_E = \frac{4}{3}\pi r_E^2 \rho_E c^2$, ce qui implique que $W_T = \int_0^{r_c} \frac{4}{3}\pi r^2 \rho_E c^2 dr$.

La vitesse c étant considérée comme une constante, $W_T = \frac{4}{3}\pi c^2 \int_0^{r_c} r^2 \rho_E dr$; en injectant la densité spatiale $\rho_E = \frac{m_c(r)}{\frac{4}{3}\pi r^3}$ dans l'équation du travail de la tension, nous obtenons l'expression suivante : $W_T = \frac{4}{3}\pi c^2 \int_0^{r_c} r^2 \frac{m_c(r)}{\frac{4}{3}\pi r^3} dr$.

La forme intégrale simplifiée du travail de la tension est $W_T = c^2 \int_0^{r_c} \frac{m_c(r)}{r} dr$.

Si nous supposons que la masse m_c dans la particule est répartie de manière linéaire, alors $m_c(r) = \mu r$ avec μ constante, le travail de la tension devient $W_T = c^2 \int_0^{r_c} \frac{\mu r}{r} dr$. La masse

linéique μ étant constante, nous obtenons l'expression $W_T = c^2 \mu \int_0^{r_c} dr$, d'où $W_T = c^2 \mu r_c$. De plus la masse globale m_c de la particule, qui dépend de la taille de la corde r_c est égale à μr_c ; les relations $W_T = c^2 \mu r_c$ et $\mu r_c = m_c$ permettent d'obtenir le travail $W_T = c^2 m_c$: nous concluons que $W_T = m_c c^2$.

Nous retrouvons la relation d'équivalence masse-énergie $E = mc^2$ énoncée par Albert Einstein. « L'énergie qui est contenue dans une masse correspond au travail de la tension spatiale effectué sur le rayon de la particule ».

Après avoir exposé les propriétés de l'espace, nous avons déterminé l'accélération universelle provoquée par l'espace afin de l'appliquer à différentes lois de la physique. Ces lois contiennent, entre autres, des constantes dites universelles comme la constante de gravitation universelle G ou la célérité de la lumière c ; nous allons dans le dernier chapitre exprimer les constantes universelles, c et G , en fonction des grandeurs de l'univers : la masse de l'univers M_U , le rayon de l'univers R_U et la période d'expansion de l'univers T_U .

Chapitre 4 - Relation entre grandeurs et constantes universelles

- **Expansion de l'univers et unités de Planck**

La fuite des galaxies les unes par rapport aux autres est expliquée par ce qu'on appelle « l'expansion de l'univers », comme si l'univers tout entier gonflait.

Concrètement, que veut dire un univers en expansion ? J'ai l'impression que ce terme désigne un univers qui augmente de taille. Qu'en pensez-vous ? Probablement que mon explication n'est pas assez précise et claire ! Et vous avez tout à fait raison, cette notion d'expansion mérite d'être approfondie.

Prenons un élastique, posons le sur la table de notre salon, asseyons-nous et mesurons sa longueur avec une règle. Admettons que nous obtenions cinq centimètres. Maintenant, je vous demande d'augmenter la taille de cet élastique. Comment allons-nous procéder ?

Vous allez certainement, tout simplement, tendre l'élastique de sorte à obtenir une longueur plus grande. Quant à moi, avec mon esprit un peu tordu, je vais me lever de ma chaise et aller chercher un autre élastique que je vais attacher

par un nœud avec le premier de sorte à obtenir un plus grand élastique ; c'est mon côté folie des grandeurs qui ressort...

Vous remarquerez que deux manières ont été utilisées pour augmenter la taille de notre élastique. L'une consistait à étirer l'élastique et l'autre consistait à ajouter de l'élastique à notre élastique.

Revenons à l'expansion de l'univers. Par analogie avec notre élastique, l'univers peut s'étendre et nous parlerons d'extension de l'univers. Ou bien nous pouvons ajouter de l'univers à l'univers et nous parlerons d'expansion de l'univers.

Bien que nous ayons avancé dans notre réflexion, ce n'est toujours pas clair pour moi cette histoire d'expansion d'univers ! Qu'est-ce qui s'étire et s'ajoute dans l'univers ? Le savez-vous ?

L'unique élément qui puisse s'étirer dans l'univers est l'espace lui-même tandis que nous pouvons ajouter à la fois de la matière et à la fois de l'espace dans l'univers. Nous comprenons un peu mieux à présent cette notion d'expansion de l'univers.

Lorsque de l'espace se crée, nous parlerons d'expansion de l'univers alors que pour un espace qui s'étire, nous parlerons plutôt d'extension de l'univers. L'extension et

l'expansion sont bien deux phénomènes complètement différents. Alors, l'espace est-il en extension ou en expansion ?

Si l'univers était en expansion, la masse de l'univers augmenterait aussi puisque nous avons démontré que la masse et l'espace se créent de manière simultanée. Cette augmentation de volume de l'espace pourrait entraîner les corps qui baignent dans l'espace et les éloigner les uns des autres. Cette hypothèse me paraît peu probable car cela impliquerait que la densité de l'espace soit suffisamment grande pour déplacer les corps. Or l'espace est par nature un superfluide qui ne doit pas gêner le mouvement des corps. *A priori*, l'expansion de l'univers n'expliquerait pas l'éloignement des galaxies les unes des autres. La fuite des galaxies est vraisemblablement causée, comme nous l'avons vu dans le précédent chapitre, par la variation de la tension spatiale qui provoquerait un déplacement des corps.

Soyons prudent ! L'éloignement des galaxies ne signifie pas, *a priori*, que la taille de l'univers augmente. Toutefois, cela n'enlève pas le fait que l'univers puisse grandir et qu'il puisse être en expansion. Cette remarque suscite donc

l'interrogation : est-ce que l'univers est en expansion ?

Avant de répondre à cette question, interrogeons-nous sur la création de l'univers. Pensez-vous, qu'à un instant précis, la masse et l'énergie totales de l'univers furent concentrées en un point minuscule ? Et que d'un coup, l'univers s'est dilaté dans un processus d'extension ? Une énorme énergie et une masse gigantesque auraient miraculeusement été présentes à cet instant...

Je ne partage pas ce point de vue. Je pense que l'espace et la masse des corps présents dans l'univers ne cessent d'augmenter et qu'au début de l'univers la masse et l'énergie étaient nulles.

Imaginez que vous placiez l'embout d'un robinet dans un ballon et que vous mainteniez la tête de ce ballon sur le robinet de sorte à ce que le système soit étanche. Que se passerait-il si vous ouvriez le robinet ? Le ballon gonflerait et se remplirait d'eau.

Par analogie, imaginez qu'un « robinet spatial » fournisse à la fois de l'espace et à la fois de la masse dans l'univers. Nous pourrions alors définir un débit d'espace et un débit de masse, c'est-à-dire une quantité d'espace et de masse qui se déverse dans l'univers. Nous rappelons qu'un débit est une quantité d'une grandeur par unité de

temps ; par exemple, admettons que, dans votre baignoire, l'eau coule avec un débit volumique d'un mètre cube par minute : à chaque minute, le volume d'eau contenu dans votre baignoire augmente d'un mètre cube. Nous pourrions aussi exprimer un débit massique qui est une quantité de masse par unité de temps.

Comment quantifier ce débit de masse ou de volume d'espace dans notre univers ? Et si nous utilisons les unités de Planck ! Vous me diriez, et à juste titre, pourquoi sortir de mon chapeau magique ces unités ? Tout d'abord, expliquons ce que sont les unités de Planck. En fait, Planck a déterminé des unités particulières qui permettent d'exprimer les constantes fondamentales, qui figurent dans les équations de la physique, par l'unité ; les constantes n'apparaissent alors plus dans les équations lorsque l'on utilise les unités de Planck puisqu'elles deviennent égales à un. En exprimant les équations de la physique avec les unités de Planck, on n'utilise plus des secondes, des mètres ou des kilogrammes mais des temps de Planck, des longueurs de Planck et des masses de Planck. Par exemple, la vitesse de la lumière c , arrondie à $300.000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, vaut 1 en unité de Planck : $c = 1 \text{ up}$. (l'unité up est

l'abréviation d'unité de Planck). Soit l_p la longueur de Planck et t_p le temps de Planck, alors :

$$c = 1 \text{ up} = \frac{1 l_p}{1 t_p} = \frac{1,616 \cdot 10^{-35}}{5,391 \cdot 10^{-44}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

La vitesse de la lumière dans le vide c est égale à 1 en unité de Planck et à, environ, $3 \cdot 10^8$ en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Ces unités ont une place particulière, en physique, puisqu'elles sont considérées comme des constantes naturelles qui régiraient tout l'univers ; elles paraissent donc être les plus appropriées pour étudier notre univers.

Il est d'autant plus intéressant de choisir les constantes de Planck dans la mesure où ces unités constituent une passerelle entre les lois de la cosmologie et les lois de la physique des particules. Ainsi les unités de Planck nous permettraient de relier l'infiniment petit à l'infiniment grand. Rappelons que la grande difficulté actuelle des physiciens consiste à trouver une équation qui unifie notamment toutes ces lois.

Nous exprimerons le débit massique de l'univers avec les unités de Planck ; ce débit nous

permettra, à partir de l'âge de l'univers, d'estimer la masse de l'univers à notre époque.

Dans la suite de cette étude, nous supposons que l'univers est de forme sphérique et de rayon R_U .

- **Calcul de la masse de l'univers**

À $t=0$, l'univers, tel que nous le connaissons actuellement, n'existait pas. L'univers était composé du néant dans le sens où il ne contenait ni matière ni espace. Cela ne signifie pas que l'univers ne pouvait pas exister sous une autre forme : une forme qui dépasserait notre imagination !

À un instant t , une perturbation naît du néant et crée une masse munie de son espace propre. Ce phénomène déclenche alors une réaction en chaîne de création de masse et d'espace dans l'univers. Depuis, à chaque seconde, de la masse et de l'espace ne cessent de se créer dans notre univers.

Nous rappelons que le débit massique, qui est une variation de la masse dans le temps, est le rapport d'une masse par un temps ; dans notre approche, ce débit représentera la quantité de

masse qui se crée chaque seconde dans notre univers ; je supposerai que ce débit massique s'exprime par les unités de Planck et je définirai, naturellement, ce débit par le rapport entre la masse et le temps de Planck. Déterminons ce débit noté d_{m_p} que nous nommerons « débit de Planck », et que je supposerai être constant.

Soit m_p la masse de Planck et t_p le temps de Planck ; le débit de Planck, qui est défini par le rapport entre la masse et le temps de Planck est donc $d_{m_p} = \frac{m_p}{t_p}$. La masse de Planck et le temps de Planck sont respectivement $m_p = 2,177.10^{-8}$ kg et $t_p = 5,391.10^{-44}$ s ; l'application numérique nous donne un débit de Planck de $4,04.10^{35}$ kg.s⁻¹.

On exprime respectivement la masse et le temps de Planck par les égalités suivantes :

$$m_p = \sqrt{\frac{h.c}{2\pi.G}} \text{ et } t_p = \sqrt{\frac{h.G}{2\pi.c^5}}, \text{ la grandeur } h \text{ est la constante de Planck. Ces deux expressions nous permettent d'exprimer le débit massique en fonction des constantes universelles } c \text{ et } G, \text{ soit}$$
$$d_{m_p} = \frac{m_p}{t_p} = \frac{c^3}{G}.$$

Que signifie ce débit de Planck ? Il traduit le fait qu'à chaque seconde, il se crée dans l'univers une quantité de particules qui représente une masse de $4,04 \cdot 10^{35}$ kilogrammes. À partir de l'âge de l'univers, nous serons en mesure de calculer la masse totale des corps qui se sont créés depuis l'existence de l'univers jusqu'à présent.

Soit M_U la masse de l'univers à un instant t qui correspond à l'ensemble des masses des corps présents dans l'univers. Nous utiliserons la masse des corps au repos : celle qu'auraient ces corps s'ils étaient fixes par rapport au centre de l'univers ; cette précision est importante dans le sens où la masse d'un corps dépend de sa vitesse.

Nous rappelons que l'observation montre que les galaxies s'éloignent les unes des autres selon la loi d'Hubble : $v = H \cdot d$; v est la vitesse radiale d'éloignement d'une galaxie par rapport à une autre, d est la distance qui sépare deux galaxies et H est la constante d'Hubble qui est déterminée par l'expérience.

Nous pouvons aussi reformuler cette loi de la manière suivante : $v = H_U \cdot r$; le rayon r est, cette

fois-ci, la distance qui sépare un corps du centre de l'univers ; et H_U est la variable d'Hubble à notre époque, la même valeur que celle qui figure dans la loi d'Hubble : cela signifie que tous les corps s'éloignent du centre de l'univers en suivant une droite.

Nous noterons T_U l'âge de l'univers et nous admettrons que $T_U = \frac{1}{H_U}$. La masse de l'univers s'exprime alors par $M_U = d_{mp} \cdot T_U = \frac{d_{mp}}{H_U}$. La masse au repos de l'univers, calculée à notre époque à partir de la valeur $H_U = 2,34 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$, est de $1,7 \cdot 10^{53} \text{ kg}$. Cette masse est la même que celle que l'on admet, nous sommes peut-être sur la bonne voie !

Après avoir calculé la masse de l'univers, il serait intéressant de calculer son rayon.

- **Calcul du rayon de l'univers**

Nous rappelons que la tension de l'espace ne s'applique pas directement au corps car l'espace est un superfluide qui n'est pas suffisamment dense pour exercer une action sur les corps. Toutefois, il n'y a aucune raison pour qu'elle ne s'applique pas à l'espace lui-même.

Nous avons vu que l'espace était en expansion, mais nous n'avons pas répondu à la question : l'espace est-il en extension ?

Plaçons-nous dans l'espace propre de l'univers. Une tension spatiale s'exerce sur la surface de l'extrémité de l'univers qui s'étire comme un élastique : l'univers est alors en extension. Selon la loi de Newton, une force implique une accélération suivant la loi de la dynamique $\vec{F} = m\vec{a}$.

La force $F = T_U$, mais quelle masse devons-nous utiliser dans cette équation ? La masse qui figure dans la loi de Newton est celle de la masse du corps en mouvement. Or le système considéré n'est pas l'ensemble des corps qui se déplacent dans l'univers mais la surface de l'espace qui se trouve à l'extrémité de l'univers et qui s'étire.

Rappelons que la masse représente la résistance à une variation d'un mouvement, celle qui figure dans cette équation définit la résistance de l'espace à s'étirer : elle correspond vraisemblablement à la masse associée à l'espace de l'univers qui est égale, en valeur absolue, à la masse des corps présents dans l'univers M_U .

Maintenant que nous avons défini la force et la masse qu'il convient d'utiliser, nous pouvons appliquer la loi de Newton à notre système, nous

obtenons $F_U = M_U \cdot a_U$; la force F_U , qui est la tension spatiale et qui s'applique à la surface de l'extrémité de l'univers, est $F_U = \frac{4}{3}\pi R_U^2 \rho_U c^2$.

L'accélération a_U est celle de l'extension de l'espace et non l'accélération de la masse des corps dans l'univers. La relation $M_U \cdot a_U = F_U$ devient alors $M_U a_U = \frac{4}{3}\pi R_U^2 \rho_U c^2$. Soit R_U le rayon de l'univers, alors $\rho_U = \frac{M_U}{\frac{4}{3}\pi R_U^3}$; d'où $M_U a_U = \frac{4}{3}\pi R_U^2 \frac{M_U}{\frac{4}{3}\pi R_U^3} c^2$; en simplifiant cette expression, nous obtenons l'accélération de l'extension de l'univers $a_U = \frac{c^2}{R_U}$.

Que signifie cette relation ? Que l'espace s'étire avec une accélération a_U qui est d'autant plus faible que le rayon R_U de l'univers est grand. Si la vitesse c est constante, alors l'univers est en extension accélérée mais de moins en moins vite. Soyons prudents ! Rien ne nous garantit que la vitesse de la lumière c soit constante, elle peut paraître constante à l'échelle humaine mais l'est-elle à l'échelle de l'univers ? Quoi qu'il en soit, cela signifie que plus l'espace s'étire, plus il devient difficile de l'étirer, et moins l'extension se fait rapidement.

Par ailleurs, nous pourrions montrer, à l'aide de la loi d'Hubble, que la vitesse de fuite des corps à l'extrémité de l'univers suit la loi $a_U = H_U^2 \cdot R_U$.

Nous avons défini deux accélérations, l'une décrit l'extension de l'espace et l'autre la vitesse de fuite des galaxies. Ce sont deux grandeurs complètement différentes qui sont toutefois intimement liées.

L'espace propre, étant fixe par rapport à son corps associé, suit le mouvement de ce dernier qui se déplace dans l'univers. L'espace propre des corps qui se trouveraient au bout de l'univers ne pourrait pas se déplacer plus vite que la surface spatiale de l'extrémité de l'univers. Auquel cas l'espace propre d'un corps ne trouverait plus de place pour se déplacer dans l'espace propre de l'univers.

A contrario, si l'espace propre d'un corps se déplaçait moins vite que l'extension de l'univers, alors notre univers ne serait plus homogène.

L'accélération due à la fuite des galaxies est inférieure ou égale à celle due à l'extension de l'univers, réciproquement l'accélération due à l'extension de l'univers est aussi inférieure ou égale à celle due à la fuite des galaxies : par

conséquent, l'accélération de fuite des galaxies $a_U = H_U^2 \cdot R_U$ est égale à l'accélération de l'extension de l'univers $a_U = \frac{c^2}{R_U}$.

Cela signifie que l'extension de l'univers est à l'origine indirecte de la fuite des galaxies. Et pourtant, au début de notre raisonnement, cette situation paraissait peu probable du fait de la faible densité spatiale, qui semblait ne pas pouvoir entraîner les corps durant la phase d'extension. L'expansion n'a visiblement aucun effet sur le déplacement des corps de l'univers. L'expansion seule n'a pour effet que d'augmenter la masse et le volume d'espace dans l'univers, et n'intervient, apparemment, pas dans la fuite des galaxies.

L'égalité de ces deux équations permet d'obtenir la relation $\frac{c^2}{R_U} = H_U^2 \cdot R_U$, d'où $c^2 = H_U^2 \cdot R_U^2$.

En prenant la racine carré de cette équation, deux solutions apparaissent :

$$c = H_U \cdot R_U \text{ et } c = -H_U \cdot R_U.$$

Je vais, dans cette étude, considérer que la célérité c est positive dans la mesure où, à notre époque, nous sommes dans une phase d'extension et pas de contraction de l'univers. Nous obtenons alors une relation qui a la même forme que la loi

d'Hubble $c = H_U \cdot R_U$; cette relation nous permet de calculer le rayon de l'univers $R_U = \frac{c}{H_U}$: le rayon de l'univers obtenu est de $1,3 \cdot 10^{26}$ m.

Comme $T_U = \frac{1}{H_U}$, alors $R_U = c \cdot T_U$; ce qui signifie que l'espace s'étend, en moyenne, à la vitesse de la lumière dans le vide c .

Après avoir calculé la masse et le rayon de l'univers, nous allons pouvoir déterminer la masse volumique de l'univers ρ_U .

- **Calcul de la masse volumique de l'univers**

Nous considérons que la masse de l'univers M_U se trouve contenue dans un volume sphérique V_U de rayon R_U . Le volume d'une boule de rayon R_U est $V_U = \frac{4}{3}\pi R_U^3$; la masse volumique $\rho_U = \frac{M_U}{V_U}$ devient $\rho_U = \frac{M_U}{\frac{4}{3}\pi R_U^3}$: l'application numérique nous donne une masse volumique de $2 \cdot 10^{-26}$ kg.m⁻³.

À l'aide de notre théorie, nous avons calculé la masse, le rayon et la masse volumique

de l'univers. Nous allons, dans la suite, établir le lien entre la tension spatiale de l'univers et la force de Planck.

- **Équivalence force de Planck / tension spatiale de l'univers**

La force de Planck est une force calculée uniquement avec les unités de Planck. Elle représente une forme de force universelle qui réglerait le fonctionnement de l'univers. On

exprime cette force par la relation $F_P = \frac{c^4}{G}$:

le calcul de la force de Planck nous donne $F_P = 1,21 \cdot 10^{44}$ N.

Nous appliquons la tension spatiale, $T_E = \frac{4}{3}\pi r_E^2 \rho_E c^2$, à l'ensemble de l'univers de rayon R_U de masse volumique ρ_U . Cette tension qui s'exerce à l'extrémité de l'univers, définie par la relation $F_U = \frac{4}{3}\pi R_U^2 \rho_U c^2$, est égale à $1,21 \cdot 10^{44}$ N.

Vous remarquerez que la force F_U , qui s'exerce sur la surface de l'extrémité de l'univers, correspond exactement à la force de Planck F_P .
Démontrons cette égalité !

À l'aide des relations $M_U = \frac{d_{mp}}{H_U}$ et $d_{mp} = \frac{c^3}{G}$, nous obtenons $M_U = \frac{c^3}{H_U G}$.

Or $M_U = \frac{4}{3}\pi R_U^3 \rho_U$, d'où $\frac{4}{3}\pi R_U^3 \rho_U = \frac{c^3}{H_U G}$; en multipliant cette expression par $\frac{c^2}{R_U}$, à droite et à gauche de cette égalité, nous obtenons la relation $\frac{4}{3}\pi R_U^3 \rho_U \frac{c^2}{R_U} = \frac{c^3}{H_U} \frac{c^2}{R_U}$.

Nous réécrivons cette égalité sous la forme suivante : $\frac{4}{3}\pi R_U^2 \rho_U c^2 = \frac{c^4}{G} \left(\frac{c}{H_U R_U} \right)$.

Or $\frac{4}{3}\pi R_U^2 \rho_U c^2 = F_U$ et $\frac{c^4}{G} = F_P$; nous obtenons donc $F_U = F_P \left(\frac{c}{H_U R_U} \right)$.

Comme $c = R_U H_U$, nous concluons que $F_U = F_P$.

Exprimons à présent la variable d'Hubble en fonction des grandeurs de l'univers et des constantes universelles.

- **Expression de la variable d'Hubble**

Les expressions $F_U = \frac{4}{3}\pi R_U^2 \rho_U c^2$ et $R_U = \frac{c}{H_U}$ nous permettent d'obtenir la relation

$$F_U = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{c}{H_U}\right)^2 \rho_U c^2.$$

En simplifiant cette expression, la tension devient

$$F_U = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{1}{H_U}\right)^2 \rho_U c^4.$$

Nous avons aussi montré précédemment que

$$F_U = F_P = \frac{c^4}{G}, \text{ donc } F_U = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{1}{H_U}\right)^2 \rho_U c^4 = \frac{c^4}{G}.$$

Cette égalité nous donne l'expression de la variable d'Hubble $H_U^2 = \frac{4}{3}\pi \rho_U G$.

Dans la dernière section de notre chapitre nous vérifierons la cohérence de notre principe d'équilibre universel.

- **Expression des constantes G et c**

Selon le principe des constantes universelles, toutes les constantes cosmologiques universelles devraient être définies par les grandeurs qui caractérisent l'univers, à savoir, la masse de l'univers (M_U), le rayon de l'univers (R_U) et la période d'expansion de l'univers (T_U).

Nous allons vérifier que les constantes universelles s'expriment bien en fonction de ces grandeurs.

Les trois relations $T_U = \frac{1}{H_U}$, $H_U^2 = \frac{4}{3} \pi \rho_U G$ et $\rho_U = \frac{M_U}{\frac{4}{3} \pi R_U^3}$ nous permettent d'établir l'expression de la constante gravitationnelle $G = \frac{R_U^3}{M_U T_U^2}$.

La constante gravitationnelle dépend bien uniquement des variables primaires de l'univers (R_U , M_U et T_U).

Concernant la vitesse de la lumière, les deux relations $c = R_U \cdot H_U$ et $T_U = \frac{1}{H_U}$ permettent d'obtenir $c = \frac{R_U}{T_U}$; la célérité de la lumière c s'exprime aussi uniquement en fonction des variables primaires de l'univers (R_U et T_U).

Que ce soit la vitesse de la lumière dans le vide ou la constante gravitationnelle, elles dépendent uniquement des grandeurs caractéristiques de l'univers, tel qu'énoncé par le principe des constantes universelles.

Exprimons, à présent, la relation $\frac{c^2}{G}$ que nous avons utilisée dans le chapitre 2 ; les expressions $G = \frac{R_U^3}{M_U T_U^2}$ et $c = \frac{R_U}{T_U}$ nous donnent l'équation $\frac{c^2}{G} = \frac{M_U}{R_U}$.

J'ai l'intime conviction que les constantes universelles ne sont pas constantes. *A priori*, il n'y a aucune raison que les grandeurs G et c soient constantes. Je pense que ces grandeurs varient mais pas suffisamment à l'échelle humaine pour que les variations nous soient perceptibles ; au cours de l'existence de l'univers, je suis convaincu que ces grandeurs ont évolué et qu'elles continuent d'évoluer de manière significative à l'échelle de l'univers.

Conclusion

En plaçant au cœur de notre analyse l'espace, considéré comme une substance physique à part entière, la théorie spatiale vise à mettre en perspective l'influence de l'espace sur les lois de la physique. Pour ce faire, la notion d'espace propre a été introduite afin de traduire que tout corps matériel forme un couple « masse / volume d'espace ». J'ai démontré que l'espace et la masse d'un corps sont engendrés par paire de manière simultanée. Par conséquent, un corps ne peut pas exister sans son espace propre, et un espace ne peut pas exister sans masse. Par ailleurs, le corps est fixe par rapport à son espace propre : ce qui implique qu'un objet matériel se déplace dans l'espace formé par l'ensemble des espaces propres des objets qui se trouvent à proximité.

De plus, la présence d'un corps matériel provoque une densité spatiale qui correspond à une énergie répartie dans l'espace. Cette densité engendre une action de l'espace sur les corps qui se manifeste sous forme de tension spatiale. Cette

force serait à l'origine de toutes les lois de la physique (la gravité, l'expansion de l'univers, la masse, l'inertie, l'énergie, la matière noire...); la gravitation universelle, l'expansion de l'univers et la rotation des étoiles autour des galaxies s'expriment sous forme d'une accélération universelle qui découle de la variation de cette tension; quant à l'énergie $E = mc^2$, elle correspond au travail effectué par la tension spatiale sur une particule qui est modélisée par une corde.

L'intérêt principal de cette théorie est de proposer une théorie qui unifie à la fois les lois de la cosmologie mais aussi celles qui régissent les particules.

En effet, selon la théorie spatiale, l'espace et les particules sont définis par une tension spatiale et sont assimilés à une corde; cette tension est similaire à celle utilisée dans la théorie des cordes qui caractérise une particule. L'idée est d'utiliser des notions communes pour unifier la gravitation universelle et la mécanique quantique: ce dénominateur commun est, sans grande surprise, la tension spatiale. L'espace est assimilé à une corde de masse négative tandis qu'un corps matériel est constitué d'une corde qui possède une masse positive.

Conclusion

Que ce soit un corps matériel ou l'espace, ces deux éléments sont constitués d'une corde composée d'une substance qui m'échappe. En tout état de cause, l'état de cette corde, totalement caractérisé par la tension spatiale et la densité spatiale, définit soit une particule, soit de l'espace. De plus, le fait d'intégrer les constantes de Planck dans les lois de la cosmologie permet de créer un pont entre les phénomènes microscopiques et macroscopiques.

La théorie spatiale nous donne des pistes de réflexion sur le fonctionnement de notre univers.

D'une part, nous savons que notre univers est composé d'un espace qui non seulement est en expansion mais aussi en perpétuelle extension. Et si le point de rupture était atteint, que deviendrait cet espace ? Par analogie avec un élastique en extension continue, l'espace pourrait se déchirer et se rompre en deux parties. Ce qui conduirait l'univers à s'enrouler sur lui-même comme un tapis.

D'autre part, nous avons montré que la masse et l'énergie globales de l'univers étaient nulles. Ce qui signifie que l'univers possède une existence uniquement à un niveau local, notre univers n'a

aucune existence dans son ensemble : autrement dit notre univers n'existe pas !

La compréhension de l'espace et de la masse nous permettra de dévoiler certains mystères que nous cache notre univers. Il est certes important de mener des études sur les constituants de la matière et de la masse. Cependant, il me paraît indispensable de mieux connaître l'espace qui nous entoure car il joue un rôle déterminant dans notre univers.

Nous ne sommes qu'au début d'une nouvelle ère de la physique : la physique de l'espace. Cette nouvelle physique consiste à définir les propriétés et les caractéristiques de l'espace qui se manifestent notamment par des phénomènes naturels.

L'espace regorge de mystères insoupçonnés qui pourrait nous éclairer sur bien des choses de l'univers. La physique des particules et la physique de l'espace sont, me semble-t-il, la clé de la compréhension de notre univers !

Fiche de soutien à la compréhension du livre

- **Conventions d'écriture**

Pour écrire une grandeur physique telle que la masse, le volume, ou bien la vitesse, les scientifiques ont pour habitude d'utiliser la première lettre du mot qui exprime la grandeur. De la même manière, dans cet ouvrage, j'utiliserai la lettre « m » pour exprimer la masse, la lettre majuscule « V » pour le volume et la lettre minuscule « v » pour la vitesse.

Lorsque qu'il est nécessaire d'apporter une précision sur la grandeur, on a aussi pour coutume d'utiliser des indices ; c'est à dire un caractère qui se trouve juxtaposé et positionné légèrement plus bas que la grandeur ($\text{grandeur}_{\text{indice}}$). À titre d'exemple, pour désigner la masse de l'univers, j'utiliserai la notation « m_U » : la lettre minuscule « m » exprime la masse et la lettre majuscule « U » précise que cette masse concerne l'univers. Ainsi, dans notre

livre, j'exprimerai le rayon de l'univers par R_U , son volume par V_U , sa masse par m_U et sa masse volumique par ρ_U .

- **Notions de base sur les puissances**

Les valeurs des grandeurs qui caractérisent l'univers sont tellement grandes qu'il devient nécessaire, pour des raisons de commodité, d'utiliser une notation en « puissance ». Ainsi, on préférera écrire que le rayon de l'univers est de l'ordre de 10^{26} mètres plutôt que 1000000000000000000000000 m ; le nombre 26, positionné en haut à droite du nombre 10, est appelé « puissance » : 10^{26} se lit 10 à la puissance 26. Cela équivaut à multiplier 10 par lui-même 26 fois ; autrement dit $10^{26} = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times \dots \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10000000000000000000000000$.

De manière analogue, pour exprimer des valeurs qui concernent les particules, nous écrirons que le rayon d'une particule est 10^{-15} mètres plutôt que 0,000000000000001 mètres. Le signe « - » qui figure devant le nombre 15 dans l'expression 10^{-15} est une notation qui signifie que l'on considère l'inverse de 10^{15} ;

ainsi $10^{-15} = \frac{1}{10^{15}} = \frac{1}{1000000000000000} = 0,000000000000001$.

- **Notations et interprétation des unités**

De la même manière que pour les grandeurs physiques, la première lettre du mot désignera l'unité ; ainsi la lettre « m » exprimera une distance en mètre, « s » un temps en seconde et « kg » la masse d'un objet en kilogramme : ces unités sont celles utilisées dans le Système dit International (SI).

L'unité a une signification précise qui définit la grandeur qu'elle mesure ; par exemple, l'unité « m/s », qui exprime une vitesse, signifie qu'un objet parcourt un certain nombre de mètres en une seconde. Plusieurs notations sont utilisées pour mesurer une vitesse ; par exemple si elle est exprimée en mètre par seconde, cette unité s'écrira « m/s » ou « m.s⁻¹ ».

Dans notre livre, j'exprimerai toutes les unités des grandeurs en SI (Système International) : à savoir par des « m », « s » et « kg ». Une surface sera alors exprimée en m², un volume en m³ et une masse volumique notée ρ en

kg/m^3 ou $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Nous rappelons que 1 m^2 est la superficie d'un carré dont les côtés mesurent 1 m ; une surface de 5 m^2 signifie que cette surface est équivalente à celle de 5 carrés de surface de 1 m^2 . De la même manière, 1 m^3 correspond au volume occupé par un cube dont les arêtes mesurent 1 m : exprimer un volume en m^3 revient à calculer le nombre de cubes de 1 m^3 que contient ce volume. Un objet qui possède une masse volumique de $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ signifie que 1 m^3 de cet objet contient une masse de 1000 kg .

- **Notations des opérations**

Trois opérations principales en mathématique sont utilisées : l'addition notée « + », exemple $a+b$; la multiplication notée « x » ou « . », exemple axb ou $a.b$; la division notée « / » ou « : » ou « _ », exemple a/b ou $a:b$ ou $\frac{a}{b}$.

Afin d'exprimer le produit de deux variables, il est fréquent de n'insérer aucune notation ; par exemple pour exprimer le produit de la masse avec la vitesse, on écrira mv plutôt que $m.v$ ou mxv ; pour exprimer le produit de la masse de l'univers par la masse volumique de l'univers, nous écrirons $m_U \rho_U$. Cependant, dans certains cas, pour des raisons de clarté, nous

utiliserons la notation « . » afin d'exprimer le produit de deux grandeurs et nous écrirons plutôt $m_U \cdot \rho_U$.

Quant aux produits entre deux nombres, nous utiliserons la notation « x » pour marquer la multiplication, ainsi on écrira $10 \times 5 = 50$.

La division est similaire à une puissance négative. Nous exprimerons dans notre ouvrage les divisions sous forme de puissance négative ; plutôt que d'utiliser $\frac{1}{a^m}$ nous utiliserons a^{-m} , et plutôt que d'utiliser $\frac{b}{a^m}$ nous utiliserons $b \cdot a^{-m}$.

Khalid Jerrari

Les mystères de l'espace

De nombreuses recherches restées infructueuses tentent d'expliquer l'univers qui nous entoure par la présence de matières inconnues et d'énergies mystérieuses toujours introuvables. Mais alors ne serait-il pas temps de considérer d'autres hypothèses ?

Dans cet ouvrage pédagogique et à la portée d'un large public visant à expliquer la « Théorie spatiale », l'auteur présente une réflexion philosophique suivie d'une explication scientifique sur l'influence de l'espace sur notre univers, l'espace étant considéré ici comme une substance physique.

Pour son premier ouvrage scientifique, Khalid Jerrari s'affiche sans doute comme le premier auteur à « vulgariser » ses propres recherches scientifiques dans le but de les rendre accessibles à un public non scientifique. En reprenant pas-à-pas quelques lois de la physique et en expliquant certains grands principes universels, son livre propose une théorie qui unifie les lois de la cosmologie.

Prix France TTC : **6,50 €**

ISBN 978-2-9550898-0-4



9 782955 089804