Comment est né l'espace ?

Travail personnel 2025-2026

Maxime Jurczynski, 7C6

Tutrice : Monique Otter

Introduction

10^{24} c'est-à-dire 1 000 000 000 000 000 000 000 000, vous savez qu'est-ce que c'est quoi ce nombre ? C'est l'estimation de nombre de planètes dans l'espace, et le meilleur dans tout ça c'est qu'on ne sait pas d'où elles viennent ?

La théorie du Big Bang qui dont l'auteur est Georges Lemaitre, explique qu'il y avait un début, un tout petit point de matière compressé et qu'il a explosé et aujourd'hui encore, l'espace s'étire. La théorie de l'inflation cosmique a été inventé par Alan Guth, explique aussi qu'il y avait un petit point, mais lorsque l'espace est explosé, il a explosé plus rapidement que dans la théorie du Big Bang ce qui a contourné plusieurs problèmes présents à la théorie du Big Bang. La théorie des cordes qui a inventé Gabriele Veneziano explique l'espace d'une complètement autre manière que les deux théories précédentes, il explique que tout est fait de cordes et avant le Big Bang il y avait aussi un espace.

Mais est-ce que toute ses théories sont vraies ? Toutes ses théories expliquent vraiment le début de l'espace ? Comment l'Univers est-il apparu ?

Dans cette présentation j'exposerai les hypothèses de la naissance de l'espace. Je présenterai trois théories qui me parlent le plus. La première, la théorie du Big Bang, la deuxième, la théorie de l'inflation cosmique et la troisième, la théorie des cordes. Ces théories sont, selon moi les plus probables et les plus intéressantes.

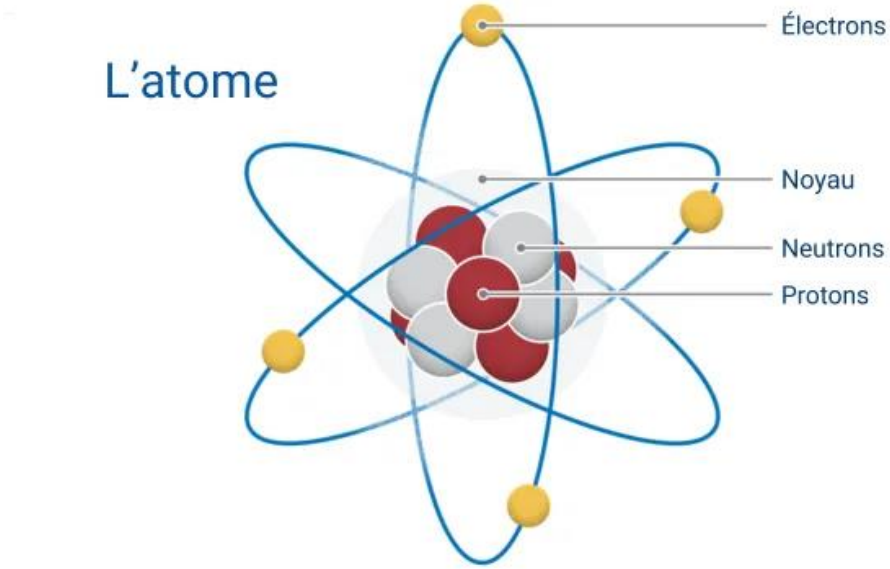
Comment l'atome est-il né ?

Immédiatement après le Big Bang, l'Univers était extrêmement chaud et dense, composé d'une « soupe » de particules élémentaires (quarks, électrons, protons et neutrons). Au fur et à mesure que l'Univers s'est refroidi, environ 3 minutes après le Big Bang, les protons et les neutrons se sont combinés pour former les noyaux des éléments les plus légers : l'hydrogène et l'hélium.
Pendant des centaines de milliers d'années, l'Univers est resté trop chaud pour que les électrons se lient durablement aux noyaux. Environ 380 000 ans après le Big Bang, la température a suffisamment chuté (en dessous de 3 000 °C) pour que les électrons se combinent aux noyaux, formant ainsi les premiers atomes d'hydrogène et d'hélium.
Les éléments plus lourds, comme l'oxygène, le carbone ou le fer, ont été créés plus tard, au cœur des étoiles, par des réactions de fusion nucléaire. Quant aux atomes plus lourds que le fer, ils se forment lors des supernovæ : lorsqu'une étoile massive explose, il y a suffisamment d'énergie pour que des noyaux de taille intermédiaire fusionnent et forment des noyaux encore plus lourds. Comme les supernovæ sont des explosions, ces noyaux sont dispersés dans l'espace et peuvent ensuite capturer des neutrons pour former des atomes plus lourds.
Ces éléments lourds sont ensuite dispersés dans l'espace et participent à la formation de nouvelles générations d'étoiles, de planètes et de matière vivante (celle qui compose tous les êtres vivants, comme les humains, les plantes, etc.).

En résumé, l'hydrogène et l'hélium proviennent directement du Big Bang, tandis que les atomes plus lourds sont de la « poussière d'étoiles ». Cependant, il faut garder à l'esprit que la théorie du Big Bang reste une théorie.

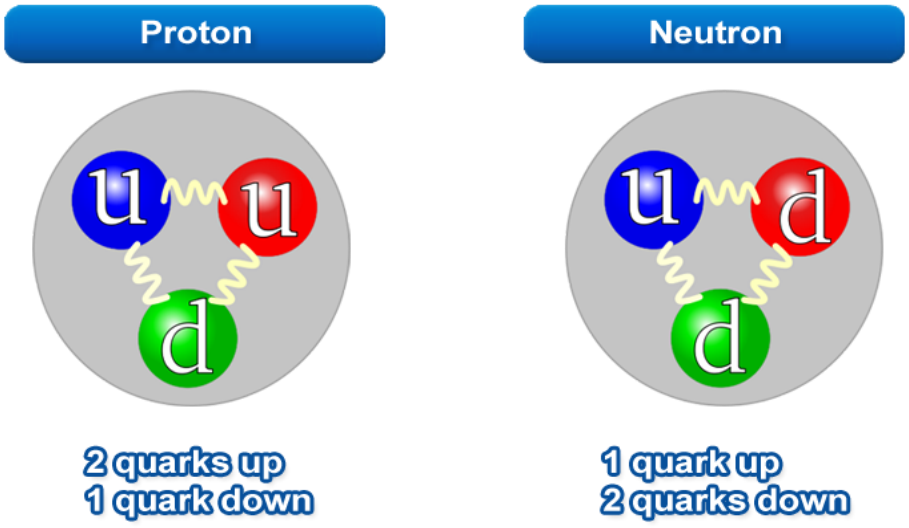
C'est quoi un atome ?

Un atome est comme une matière de construction pour tout ce qui nous entoure.
L'atome est fait de : électrons ($e-$), protons (p^+), neutrons (n^o).
Au centre de l'atome il y a un noyau qui est fait de protons et de neutrons. L'atome a des couches électroniques et dans ses couches électroniques il y a des électrons. Les protons sont chargés positivement et les neutrons sont neutres. Les électrons ont une charge négative. C'est la raison pour laquelle il y a autant de protons que d'électrons.



La composition de protons et neutrons :

Les protons et les neutrons sont faits des quarks. Il en existe six types différents : up
charm top
down strange bottom

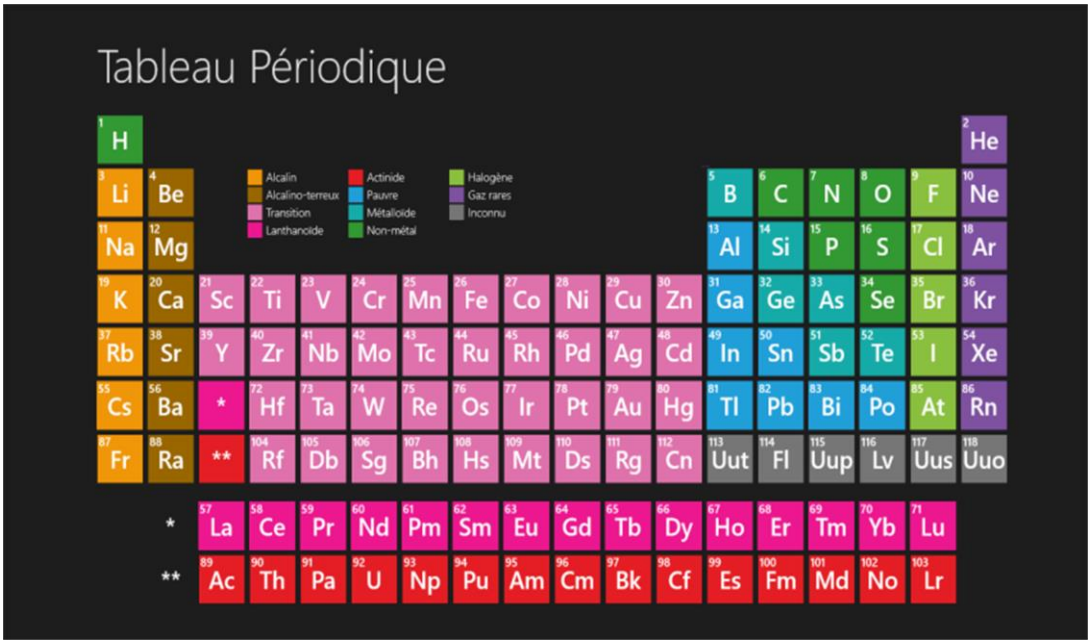


Les quarks up et down sont les plus légers de tous et sont les plus communs dans l'Univers . En se regroupant toujours par trois, ils forment les protons et les neutrons. Dans l'Univers , toutes les particules ont une charge entière, soit 0 (neutre ou aucune charge), soit +1 (une charge positive), soit −1 (une charge négative), mais dans le cas des quarks, ces derniers ont une charge fractionnaire. Les quarks up, charm et top portent en effet seulement 2/3 d'une charge positive et les quarks down, strange et bottom portent −1/3 d'une charge positive, autrement dit 1/3 d'une charge négative, c'est la raison pour laquelle les quarks vont toujours se regrouper. La charge est entière. Dans le cas du proton, il y a deux quarks up et un quark down. Les différentes fractions de charge que portent les trois quarks s'additionnent pour former 1 charge entière positive. Dans le cas du neutron, il y a deux quarks down et un quark up et, en les additionnant, le résultat fera 0, ça veut dire une charge neutre.

Le tableau périodique

Imaginez que l'Univers est écrit dans un livre géant. Ce livre est écrit avec 118 "mots" différents. Le tableau périodique est comme l'index ou la bibliothèque qui liste tous ces mots, plutôt, tous les types d'atomes qui existent. Chaque mot unique s'appelle un élément chimique, comme l'hydrogène, l'oxygène ou l'or. Un élément chimique est une matière qui est faite d'une seule sorte d'atomes. Qu'est-ce qui fait qu'un atome d'or est différent d'un atome d'oxygène ? C'est le nombre de protons (qui sont chargés positivement) au centre de l'atome. C'est comme le code-barres d'un produit : le numéro 1, c'est l'hydrogène, le numéro 6, c'est le carbone et le numéro 79, c'est l'or. En résumé, c'est le nombre de protons dans le noyau qui dit de quel atome il s'agit. Les lignes horizontales du tableau, appelées périodes, sont comme des étages d'une bibliothèque. Plus on descend, plus les atomes deviennent lourds, plus complexes et plus grands. Les colonnes verticales, appelées groupes ou familles, sont comme les rayons dans un supermarché où l'on trouve des produits similaires. Les éléments dans la même colonne ont tendance à se comporter de la même manière chimiquement.

Exemple : Toute la première colonne, sauf l'hydrogène, réagit très violemment avec l'eau, tandis que la dernière colonne à droite est composée de gaz rares, qui ne réagissent presque jamais avec rien. Le tableau périodique utilise des couleurs pour nous dire si l'atome est un métal (la grande majorité à gauche et au centre) et les non-métaux à droite, souvent des liquides ou des gaz.



La composition de l'espace - la matière ordinaire, l'énergie noire, la matière noire

La matière ordinaire

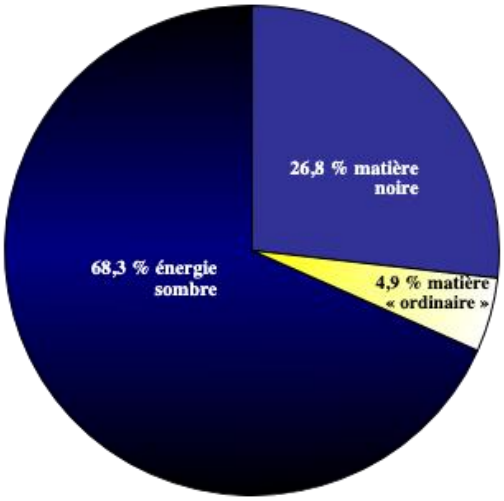
La matière ordinaire s'est tout ce qui composent la matière visible (atomes, planètes, êtres vivants) elle interagit avec la lumière en compose seulement 5% de notre univers.

La matière noire

La matière noire est une matière invisible pour nous. On ne sait pas vraiment de quoi elle est faite et ne fait rien avec la lumière ce qui la rend invisible. Mais on sait qu'elle existe car les galaxies ont une si grande masse qu'elles devraient se casser... mais elles ne se cassent pas. Bien qu'on ait aucune preuve de l'existence de la matière noire on sait que qu'elle que chose maintient les grandes galaxies.

L'énergie noire

Notre univers est en expansion, mais pour qu'il soit en expansion une sorte d'énergie doit le faire : L'énergie noire. On en sait encore moins sur l'énergie noire que sur la matière noire même si elle remplit 68% de notre univers.

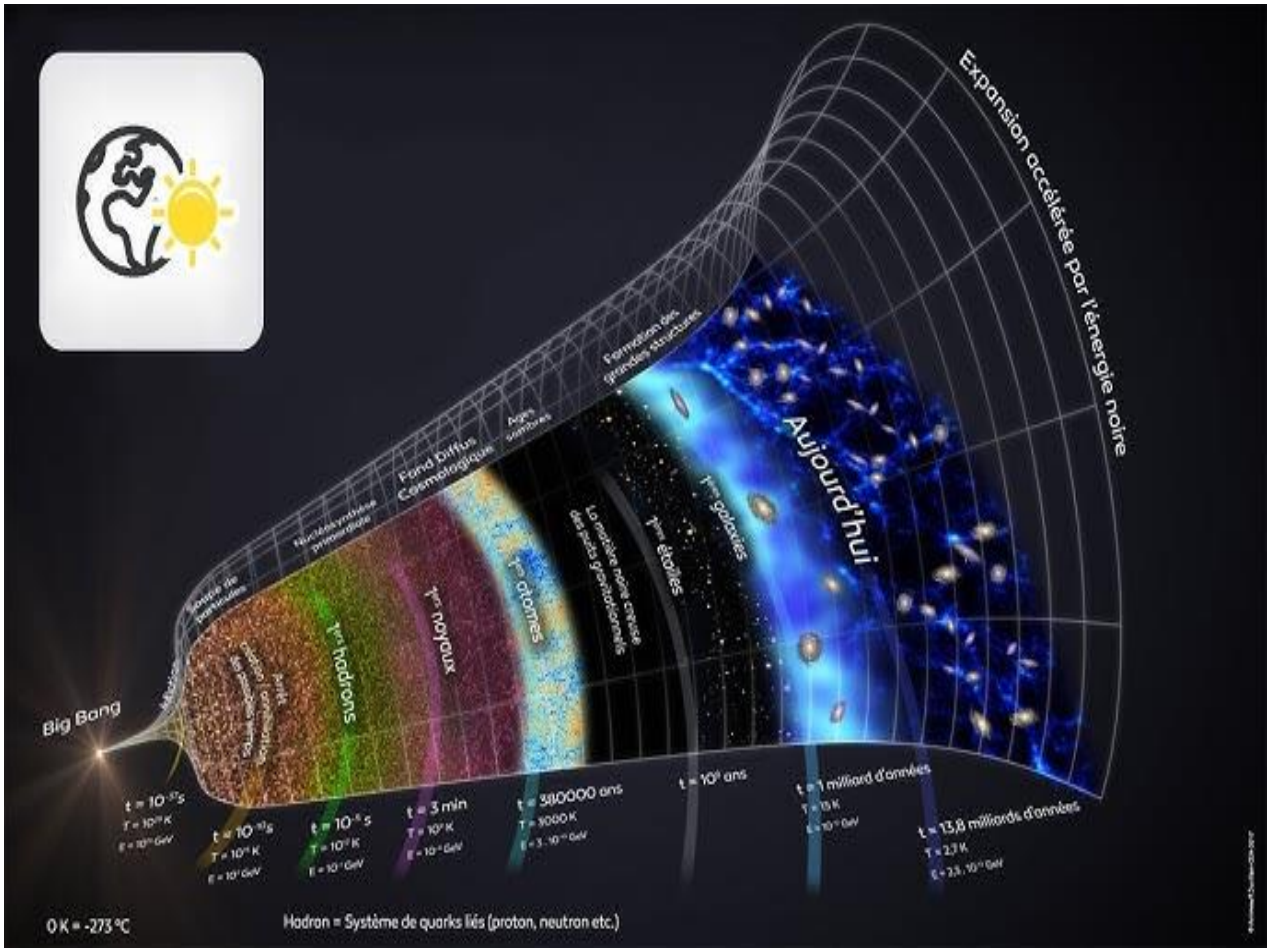


Les Théories de début de l'Univers

La théorie du Big Bang

Dans la physique, on peut prévoir ce qui se passe dans l'avenir si on connaît son emplacement, sa vitesse, etc. Ça marche aussi à l'envers : ça veut dire dans le passé, en faisant les équations à l'envers. Aujourd'hui, on sait que les galaxies s'éloignent de plus en plus les unes des autres. Par exemple, dans dix milliards d'années, l'espace augmentera du double de ce qu'il est aujourd'hui. Mais il y a 8 milliards d'années, les distances entre les galaxies étaient la moitié de ce qu'elles étaient aujourd'hui. Il y a dix milliards d'années, c'était un tiers. Il y a 13 milliards d'années, c'était un dixième, jusqu'à il y a 13,8 milliards d'années, où tout était dans un point très chaud et dense. C'était le Big Bang, la naissance de l'espace. Tout ce qu'on voit aujourd'hui, les astéroïdes, les planètes ou même les galaxies, n'était pas là il y a 13,8 milliards d'années, car tout était un point très chaud et dense, si petit qu'un atome.

Jusqu'à ce que quelque chose produise l'explosion de l'espace.



Les étapes de Big Bang :

1 L'Univers primordial (Les premières fractions de seconde) L'ère de Planck : 0 à 10 puissances – 43 secondes.

Dans cette période, la température et la densité étaient infinies. Pour les mathématiciens, c'est un gros problème, car dans cette période les lois de la physique s'effondrent. Les quatre forces fondamentales étaient unifiées en une seule force et les lois de la physique ne s'appliquaient pas encore. Pour comprendre ce qui s'y passait réellement, les physiciens auraient besoin d'une nouvelle théorie quantique. L'ère de Planck est considérée comme le mur de nos connaissances actuelles. L'inflation, environ 10 puissance −36 à 10 puissance −32 secondes après le Big Bang. Dans une fraction de seconde, l'Univers est passé d'une taille microscopique à une taille géante. Lorsque cette phase s'est arrêtée, l'énergie a été libérée sous forme de chaleur et de particules. Après cela, les forces se détachent les unes après les autres.
Ère des quarks, environ 10 puissance −12 secondes à 10 puissance −6 secondes après le Big Bang. À ce stade, l'Univers était si chaud que les particules élémentaires (quarks, électrons) refusaient de s'assembler pour créer des particules plus grandes (protons, neutrons). L'Univers était une sorte de plasma qui contenait une soupe de quarks et d'autres particules élémentaires. Toutes les particules élémentaires que nous connaissons aujourd'hui avec une masse n'avaient pas de masse et étaient

obligées d'être aussi rapides que la lumière. Mais le mécanisme de Higgs (qui est un mécanisme compliqué) a fait que les particules élémentaires acquièrent leur masse. Puis les particules ont commencé à se lier pour former les premiers neutrons et protons.

2 La formation de la matière ou Recombinaison (De 1 seconde à 380 000 ans)

2.1 Formations de protons et de neutrons (1 s après le Big Bang)
Les quarks s'assemblaient pour former les premiers neutrons et protons.
2.2 Nucléosynthèse primordiale (3 à 20 minutes après le Big Bang)
C'est ici que les premiers noyaux d'atomes légers se sont formés, comme l'hydrogène et l'hélium. Cependant, l'Univers est encore trop chaud pour que les électrons puissent rester liés à ces noyaux ; ils sont immédiatement arrachés par un rayonnement intense.
2.3 La formation des atomes (de 20 minutes à 380 000 ans après le Big Bang)
L'Univers s'est suffisamment étendu et refroidi pour atteindre environ 3000 kelvins, donc environ 2726,85 degrés Celsius. À cette température, les électrons peuvent fusionner avec les noyaux. Les premiers atomes sont créés ! (Hydrogène et hélium)
3 La structuration de l'Univers (De 100 millions d'années après le Big Bang à aujourd'hui) 3.1 : Fin de la recombinaison (Environ 380 000 ans après le Big Bang)
Comme je le décrivais avant, l'Univers s'est refroidi suffisamment pour créer les premiers atomes. Maintenant, les photons (les particules de la lumière) peuvent voyager librement.
3.2 : entrée dans l'obscurité : après le flash de lumière, l'Univers devient tout sombre car il n'y a pas encore d'étoiles ou de sources d'énergies pour créer de la lumière ou plus précisément des photons.
3.3 : Formations des premières structures (150-500 millions d'années après le Big Bang)
Pendant les âges sombres, ces gaz ne sont pas encore structurés en étoiles. Sous l'effet de la gravité, ils commencent à s'agglutiner lentement pour former des nuages de plus en plus denses. Ces gaz s'assemblaient car la gravité les assemblait lentement, mais la gravité ne sort pas de nulle part. C'est la matière noire qui dirige l'assemblage. (Je parlerai plus de la matière noire un peu plus tard)

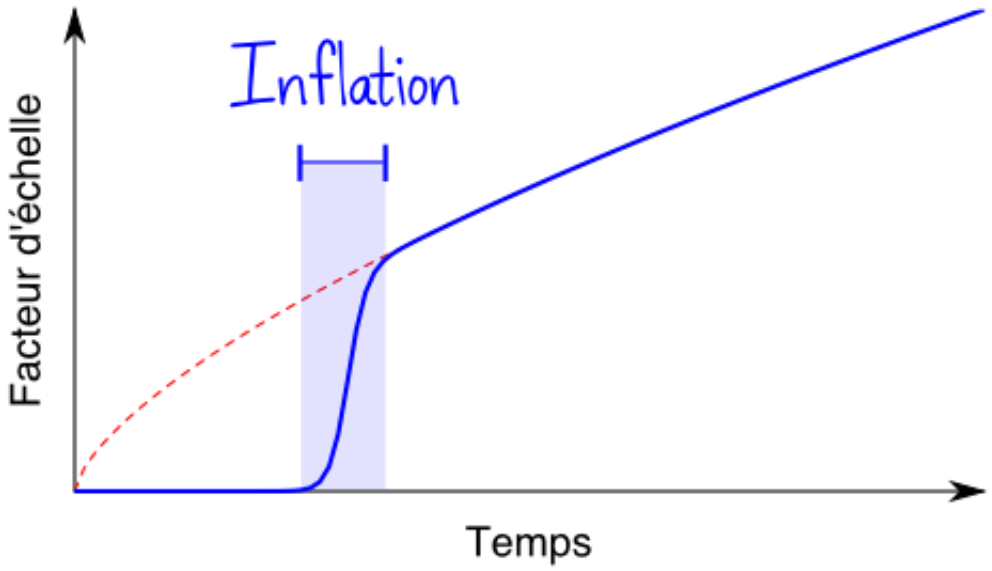
4 L'Univers structuré (de 500 millions d'années jusqu'à aujourd'hui après le Big Bang)

Réionisation et étoiles (fin des âges sombres)
Les gaz d'hélium et d'hydrogène ont commencé à se former en étoiles qui étaient très grandes et lumineuses, émettant un rayonnement ultraviolet intense capable d'arracher les électrons des atomes d'hydrogène qui ont été ionisés. C'est la raison pour laquelle, l'Univers est devenu transparent, permettant à la lumière de mieux voyager. C'est ici où les atomes plus lourds commencent à faire leur apparition. Car dans les étoiles grandes, les noyaux des atomes se forment.
Formation des galaxies (de 500 millions d'années jusqu'à aujourd'hui)
Les nuages d'hélium et d'hydrogène se sont regroupés pour former les premières galaxies.
Formation des grandes galaxies :
4.1 : les galaxies plus petites se fusionnent pour former des galaxies plus grandes
4.2 : les nuages d'atomes très grands se forment d'un seul bloc pour former une galaxie entière
4.3 : les petites structures se forment en premier puis elles s'unissent pour former une galaxie
Notre système solaire (il y a environ 4,5 milliards d'années)
Notre système solaire a été créé par des restes de supernovæ, donc des étoiles massives qui ont explosé.

Expansion accélérée : Depuis environ 6 milliards d'années, l'expansion de l'Univers s'accélère sous l'effet probable de l'énergie noire.

La théorie de l'inflation cosmique

L'inflation cosmique et le Big Bang ne sont pas deux théories concurrentes, mais deux pièces d'un même puzzle. L'inflation est venue corriger et compléter le scénario original du Big Bang, qui comportait des lacunes majeures. Pendant l'inflation, l'espace ne s'est pas simplement "étendu", il a littéralement explosé. L'Univers de taille microscopique est passé d'une microseconde à un univers gigantesque. C'est comme si un objet de la taille d'un atome devenait soudainement aussi grand qu'une galaxie. Elle explique beaucoup de choses que le Big Bang n'explique pas.



Le problème de l'horizon

Si on regarde à gauche et puis à droite de l'Univers (jusqu'à des milliards de milliards d'années-lumière), on constate que la température est exactement la même.

La solution :

Avant l'inflation, tout l'Univers tenait dans un espace minuscule. Les particules étaient "en contact" et ont pu uniformiser leur température. L'inflation a ensuite étiré ce bloc déjà homogène de façon si violente que ces régions se sont retrouvées séparées par des distances immenses.

Le problème de la platitude (La géométrie)

L'Univers semble avoir une géométrie "plate" plutôt que courbe. Pour que l'Univers soit plat aujourd'hui, il aurait fallu qu'il soit réglé avec une précision infinie au moment du Big Bang. Une infime déviation, et l'Univers se serait soit effondré sur lui-même immédiatement, soit dispersé si vite que les étoiles n'auraient jamais pu se former.

La solution :

L’inflation a étiré l'espace tellement fort que même s'il y avait une courbure au début, elle est devenue totalement invisible pour nous aujourd'hui. Pour nous, l'Univers "semble" plat parce que nous n'en voyons qu'une infime portion lissée par cette expansion géante.

Le problème des monopoles magnétiques

Certaines théories prédisent que le Big Bang aurait dû créer des particules très lourdes possédant un seul pôle magnétique. Ces particules devraient être partout autour de nous. Pourtant, malgré toutes nos recherches, nous n'en avons jamais trouvé une seule.

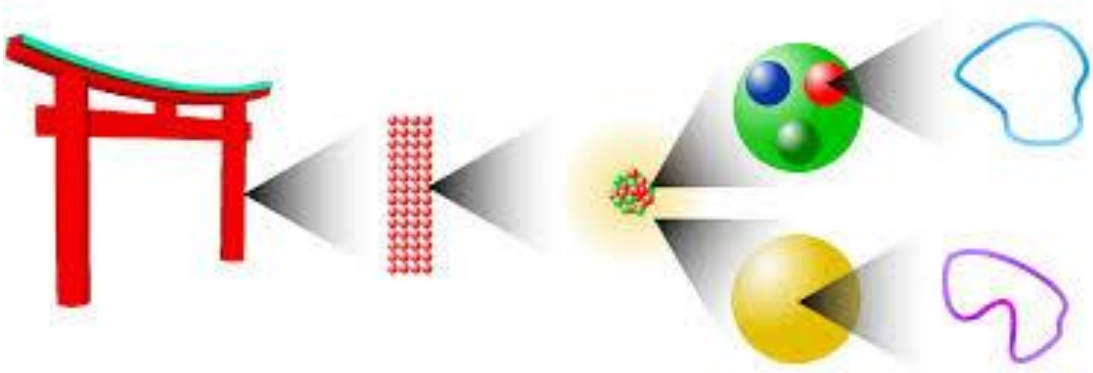
La solution :

Les monopoles ont peut-être été créés juste avant l'inflation. Mais l'expansion a été si brutale qu'elle a dispersé ces monopoles dans un volume d'espace si gigantesque qu'il n'y en a probablement plus un seul dans tout notre Univers observable.

La théorie des cordes

La théorie des cordes n'explique pas vraiment comment l'espace est-il né, mais propose des modèles révolutionnaires. Par exemple : le Big Bang n'est plus le début du tout ou l'espace-temps n'est plus le décor mais, le résultat.
Comme le dit son nom, la théorie des cordes est basée sur des cordes. Cette théorie remplacement les particules élémentaires rondes par des cordes. Ça veut dire que les particules sont plus rondes, mais ce sont des cordes.
Il y a différents modèles de cette théorie qui sont un peu plus avancé, comme la théorie des super cordes je vais parler beaucoup de cette théorie, mais ne vous inquiets pas s'est presque la même chose, mais elle est quand même meilleur et vous aller voir pourquoi.
Comme je le disais auparavant dans la théorie du Big Bang au tout début de l'espace toute les particules et toute sorte de matière était dans un seul point, la densité et la température était infinies. Les lois de la physique ne marchent plus. Mais la théorie des cordes a une solution a ça en remplacent les particules par des cordes microscopiques elle dit que les températures n'ont jamais été infinies. Dans la physique classique on peut théoriquement comprimer l'espace dans un point zéro ce qui rend la densité infinie. Puisque les cordes une taille minimale, donc la plus petite on ne peut pas avoir quelque 'chose plus petit que sa car si on comprime l'espace a la taille plus petite que la taille minimale, l'Univers va commencer à se détendre de plus en plus grand. Sa expliquerai qu'il y avait un autre univers qui a ''rebondit. Ce qui est très important à retenir s'est que cette théorie a besoin de 11 dimensions pour exister.

Il faut savoir qu'il y a différents types de cordes : les cordes ouvertes et les cordes fermes.



Les cordes ouvertes

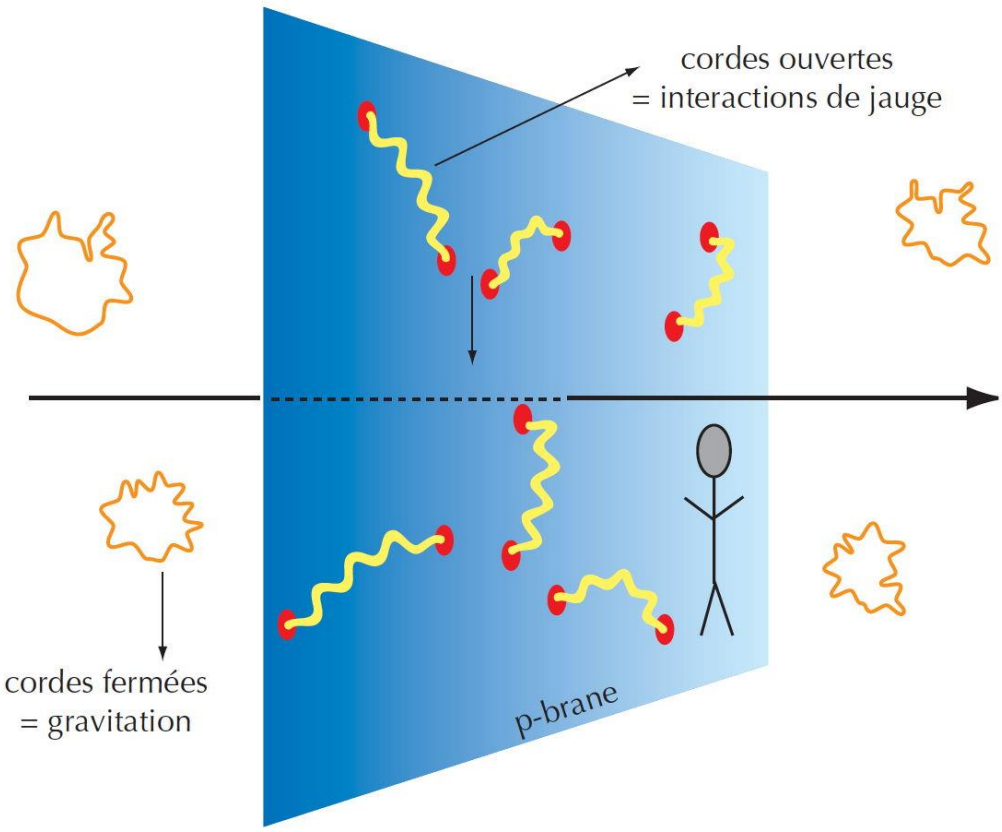
Les cordes ouvertes correspondent aux particules de forces comme les photons (particules de la lumière et crée l'électromagnétisme) ou les gluons (qui font la force nucléaire forte. Elle permet de maintenir les neutrons et les protons ensemble dans le noyau de l'atome). Leurs extrémités doivent être obligatoirement être attache à des structure appelés branes. Les cordes ouvertes peuvent aussi fusionner entre eux avec leur extrémité. Les extrémités des cordes ouvertes ne flottent pas dans le vide ; elles sont fixées à des branes. Imagine une corde de guitare dont les deux bouts seraient collés sur une feuille de papier : la feuille est la brane.

Il y a différents types de branes:

D0-brane. Un point : 0 dimensions
D1-brane. Une ligne : 1 dimensions
D2-brane. Une surface ou membrane : 2 dimensions
D3-brane. Un volume : 3 dimensions

Les branes sont comme un objet dans une dimensions où on peut attacher des choses comme les cordes ouvertes. Dans la théorie des cordes on est fait de cordes ouvertes, mais les cordes ouvertes doivent s'attacher à des branes et cette théorie l'Univers est une D3-brane qui est dans un autre espace encore plus géant qui contient tout, il s'appelle le ''bulk''. Les cordes fermées peuvent glisser sur les branes , mais pas se détacher. On peut dire que nous, les humains sont prisonniers dans une D3-brane ; notre espace.

Toutes les cordes ont un différend mode de vibration et ça fait la différence entre les différents types de cordes.



Les cordes fermées

Les cordes fermées nécessitent pas de branes pures exister car elles n'ont pas des extrémités. Elles peuvent flotter dans l'espace-temps comme il leur plaît, elles peuvent même passer à travers les branes. C'est comme si nous vivions dans une maison qui retient tout à l'intérieur (cordes ouvertes), sauf les fantômes qui passent à travers (cordes fermées). Les cordes fermées correspondent à beaucoup de particules théoriques comme le graviton (fait la gravité). Une autre corde fermée est le dilaton qui contrôle la force des interactions entre toutes les autres cordes. Si le dilaton change, les lois de la physique changent. Les cordes peuvent vibrer différemment : à gauche ou à droite. Les cordes fermées sont plus difficiles à prouver car la plupart d'entre elles n'ont aucune masse et passent à travers les choses.

La supersymétrie

Maintenant il faut savoir qu'on rentre dans la théorie des supercordes car dans la théorie des cordes il n'y a pas de supersymétrie.

En physique il existe 2 types de particules : Les bosons : les forces (photons, gluon, graviton). Ils aiment être ensemble. Ils n'ont aucune masse. Les fermions : la matière (électron, quark). Ils sont solitaires. Ils ont une masse. La supersymétrie dit que pour chaque boson, il existe un partenaire fermion (un "superpartenaire"), et inversement. C'est un peu comme si chaque particule avait un jumeau miroir dans l'autre famille.

Particule classique :	Superpartenaire :
Electron(fermion)	Selectron(boson)
Photon(boson)	Photino(fermion)
Graviton(boson)	Gravitino(fermion)
Quark(fermion)	Squark(boson)

Les partenaires ont les mêmes charges (électrique, couleur...) mais une vibration différente. Sans la super symétrie la théorie des cordes tombe à l'eau. Car elle prédit l'existence des tachyons, ce sont des particules hypothétiques avec une masse imaginaire qui vont plus vite que la lumière. En plus sans la super symétrie, la théorie des cordes décrit juste les bosons et pas les fermions donc elle aurait que de la force sans matière.

Pourquoi un rebond ?

Ce thème est très spéculatif car on n'a aucune preuve, mais dans tout le cas, dans cette théorie le temps existait avant, il n'y avait pas de masse infinie et il n'y avait pas de création à partir de rien. Il y a de différentes théories sur ce thème :

Univers à branes en collisions

Avent le Big Bang le temps existait déjà et il faisait très calme et les branes aussi existait.
Lors du Big Bang, deux branes s'approchent lentement, leur énergie augmente.

Puis une collision a eu lieu et beaucoup d'énergie a été libéré. La matière apparait et aussi un grand rayonnement, le Big Bang.

Le scénario pré-Big Bang

L'Univers existait déjà avant le Big Bang et était très dilué, très froid et presque vide.
Sous l'effet de la gravité, l'espace a commencé à se contracter, ce qui veut dire qu'il devient de plus en plus petit. Il devint aussi de plus dense et plus chaud jusqu'à atteindre la limite physique des cordes. Ça déclenche une explosion appelle aujourd'hui Big Bang.

La Cosmologie du Gaz de Cordes

Au tout début les cordes sont très chaudes comme une sorte de plasma chaud. Toutes les dimensions spatiales commencent petits (10 dimensions). Les cordes peuvent s'enrouler autour d'eux ce qui empêche le certains de grandir. A la fin seul trois dimensions spatiales restent (les nôtres qu'on connait).

Les onze dimensions

Dans un univers à seulement 4 dimensions, les équations de la théorie des cordes font des probabilités absurdes (comme des probabilités négatives) et des "anomalies" physiques. Les calculs montrent que ces erreurs s'annulent uniquement si les cordes vibrent dans un espace-temps à 10 ou 11 dimensions. Pour que les cordes puissent vibrer de manière à représenter toutes les particules connues (photons, électrons, gravitons, etc.), elles ont besoin de plus de "place" que nos trois dimensions habituelles. Ces dimensions supplémentaires nous sont invisibles car elles seraient enroulées sur elles-mêmes à une échelle infiniment petite.

Et la preuve expérimentale ?

Ses les cordes sont tellement petites que si nous voulions les observer ou créer on devrait construire un super collisionneur de la taille de notre système solaire.
La théorie a besoin de 10 à 11 dimensions. Aucun instrument de nos jours est construit pour mesurer cela. La théorie des cordes ne propose pas une seule prédiction pour notre univers, mais peut en décrire 10 puissances 500, cela rend difficile à savoir laquelle est la bonne.

Conclusion

A travers de cette étude je voulais démontrer mon raisonnement concernent la naissance et la conception de l'Univers. Au fur et à masure que j'ai avancé dans mes recherches je me rendais compte de l'immensité et de la complexité du sujet que j'ai choisi. Pour rendre mon travail plus concret j'ai décidé de restreindre certains concepts, notamment :

La matière dont l'Univers est composé, donc dès atomes aux galaxies ; j'ai décidé de partir du plus petit au plus grand.

Les théories du début de l'Univers, je restreins aux trois le plus parlant à mes yeux : la théorie du Big Bang car elle est la plus étudié, la théorie de l'inflation cosmique qui est une version alternative du Big Bang toute aussi intéressante et plus complète afin arrive à la théorie des cordes qui décrit la mème chose mais complètement d'une autre manière.

Malgré mes recherches, les preuves et les théories je ne suis toujours pas vraiment sûr comment l'espace est née.

En effectuant ce travail je voulais savoir comment l'espace est né. Maintenant je sais que toutes les théories ont quelque chose de vraie, mais également elles ne sont pas complètes et donc ne répondent pas à ma question initiale.

J'ai choisi ce thème parce que je m'intéresse beaucoup de la science et tout ce qui concerne les atomes et l'Univers. Même si ce travail contient beaucoup de théories, il contient aussi un tas de chose vrais et intéressantes, pour ceux qui aiment la physique et la science. Moi, personnellement j'ai beaucoup appris en faisant cet étude et pas seulement des choses de la science, mais aussi comment écrire un document et comment s'organiser pour avoir suffisamment de temps libre.

La table des matières :

Comment est né l'espace ? 1

Introduction 3

Comment l'atome est-il né ? 3

C'est quoi un atome ? 4

Le tableau périodique 5

La composition de l'espace - la matière ordinaire, l'énergie noire, la matière noire 6

La matière ordinaire 6

La matière noire 6

L'énergie noire 6

Les Théories de début de l'Univers 7

La théorie du Big Bang 7

1 L'Univers primordial (Les premières fractions de seconde) L'ère de Planck : 0 à 10 puissances – 43 secondes. 8

2 La formation de la matière ou Recombinaison (De 1 seconde à 380 000 ans) ... 9

4 L'Univers structuré (de 500 millions d'années jusqu'à aujourd'hui après le Big Bang) 9

La théorie de l'inflation cosmique 10

Le problème de l'horizon 10

La solution : 10

Le problème de la platitude (La géométrie) 10

La solution : 11

Le problème des monopoles magnétiques 11

La solution : 11

La théorie des cordes 12

Les cordes ouvertes 12

Les cordes fermées 14

La supersymétrie 14

Pourquoi un rebond ? 14
Univers à branes en collisions 14
Le scénario pré-Big Bang..... 15
La Cosmologie du Gaz de Cordes 15
Les onze dimensions 15
Et la preuve expérimentale ? 15
Conclusion..... 16
La table des matières : 17
Bibliographie 19

Bibliographie

Atome

L'espace stellaire : combien y a-t-il de planètes dans l'Univers ?
https://espace-stellaire.com/blogs/blog-espace-astronomie/combien-y-a-t-il-de-planetes-dans-l-univers

CERN: le Big Bang

https://home.cern/fr/science/early-universe

CEA : Les noyaux des atomes

https://www.cea.fr/comprendre/Pages/physique-chimie/essentiel-sur-noyaux-des-atomes.aspx

You tube : scienceclic_les quarks

https://www.youtube.com/watch?v=feu644HOgIY&t=5s

Wikipédia : tableau périodique

https://fr.wikipedia.org/wiki/Tableau_p%C3%A9riodique_des_%C3%A9l%C3%A9ments#Le_tableau_p%C3%A9riodique_standard

Matière noire et énergie noire

CEA : La matière noire

https://www.cea.fr/comprendre/Pages/matiere-univers/essentiel-sur-matiere-noire.aspx

CEA : L'énergie noire

https://www.cea.fr/comprendre/Pages/matiere-univers/essentiel-sur-energie-noire.aspx

Big Bang

You tube : ScienceEtonnante_Big Bang

https://www.youtube.com/watch?v=lms2jQeHnVs&t=31s

CERN: le Big Bang

https://home.cern/fr/science/early-universe

Wikipédia : Ère de Planck
https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%88re_de_Planck

You tube : Balade Mentale_Big Bang

https://www.youtube.com/watch?v=dEPrLwaADek

CNES : le Big Bang

https://cnes.fr/dossiers/big-bang

NASA : l'Univers primitif

https://science.nasa.gov/mission/webb/early-universe/

La théorie de l'inflation cosmique
You tube : ScienceEtonnante_L'INFLATION COSMIQUE

https://youtu.be/tR2LgBekZKw

La théorie des cordes

You tube : scienceclic_La théorie des cordes

https://youtu.be/f0e-Soo1qFQ

You tube : Zebroloss_la theorie des cordes

https://youtu.be/v0UHFU2srEY

Wikipedia_La theorie des cordes

https://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9orie_des_cordes