

La nucléosynthèse primordiale - 1/3

si vous vous êtes déjà demandé comment tout ces éléments autour de vous ont été fabriqué, cet article est pour vous.

Bang ! Et il fut un univers.

C'est plus ou moins à ça que ressemblait la création de l'univers.

Il y a eu une soupe de particules qui jaillissait de nulle part, dont les tachyons, qui sont notre sujet de discussion dans cet article.

Les tachyons sont les briques élémentaires de la matière ordinaire, comme les protons et les neutrons. Eux aussi ils sont composés de 2 types de quarks : les quarks up et les down.

Les up ont une charge de $2/3 e$, les down eux ont une charge de $-1/3 e$.

Le proton a 3 quarks en son ventre, 2 up et 1 down. Un peu de calcul simple vous permettrait d'y voir plus clair : $2/3 + 2/3 - 1/3 = 1 e$. Donc le proton a une charge égale à $1 e$.

Par contre le neutron, comme nom l'indique, est neutre. Donc il contient 2 quarks up et un down ce qui nous fait : $2/3 - 1/3 - 1/3 = 0 e$.

Et on sait, depuis 1938, que l'atome est composé d'un noyau et d'électrons de qui tournent autour de lui (vaut mieux éviter le terme gravitent). On sait aussi que l'atome est neutre, et que les porteurs de charges (les électrons) sont négatifs. Pour équilibrer l'équation, il faut que le noyau soit positif, alors les protons ont vu le jour. Sauf qu'à cette époque on ne connaissait que 2 forces avec les quelles on expliquait le déroulement du monde : l'interaction EM et la gravité (la version relativiste bien sur). Alors on tentait de déchiffrer la cohésion du noyau à l'aide de ces deux forces, le résultat était un échec d'une ampleur aussi importante que les découvertes aux quels va mener cet échec. Donc on a eu recours à 2 autres forces, la force forte qui agit comme un super glue et qui colle les protons l'un contre l'autre, et la force faible responsable de la radioactivité et qui organise l'interaction entre les quarks. (Pour plus de détails veuillez vous référencer à l'article intitulé "introduction à la théorie des cordes").

Tout ça, c'est le résumé des connaissances que vous devez acquérir pour comprendre la partie qui suit.

La vraie question à la quelle on va répondre dans cet article c'est : "d'où ça vient tout les matériaux qui nous entourent, qui nous composent, et surtout qui composent l'écran devant vous".

Bah commençons par le commencement, comme j'ai dit au début, l'univers au début ressemblait à une sorte de soupe de particules, cette soupe était à la fois très dense et très chaude, elle avait une température avoisinant la température de Planck !

Au fur et à mesure que l'univers s'est mis en expansion, et que la matière s'est "diluée" dans l'espace, et la température a commencé à chuter ce qui a permis en 1er temps au quarks de s'assembler en protons et neutrons, et puis aux photons de s'échapper de l'emprise des électrons et des protons (la fin de l'âge des ténèbres) et puis aux électrons de s'attacher à un proton et de former le tout le atome de l'élément le plus basique : l'hydrogène !

Voilà le mystère de l'origine du gaz le plus léger et le plus basique élucidé, sauf qu'il nous reste 117 éléments dont l'origine est à expliquer. Alors par quels procédés cet hydrogène se transforme-t-il en éléments plus lourds ?

La petite fée qui permet cette alchimie s'appelle la réaction-thermonucléaire ou la nucléosynthèse.

Mais c'est quoi ce machin dont je vous parle ? Et comment percevoir son effet sur nous, ou plutôt comment savoir que ça existe ?

Revenons en 1914. En cette époque, il y avait 2 grands mystères dans notre monde sur lesquels un humble employé du bureau des brevets suisses travaillait : ce qui se passe dans les étoiles pour qu'elles rayonnent, et ce qui se passe dans la tête d'une femme. Einstein (et oui, c'est le lui le simple employé de bureau) a figuré un

La nucléosynthèse primordiale - 2/3

de ces deux problèmes, celui des étoiles bien sur. Il a démontré que la matière était capable de se transformer en énergie par plusieurs processus, et dans cet article on s'intéresse à un seul : la réaction thermonucléaire. Et voilà comment ça se passe :

Au cours de la naissance de l'étoile, la température en son noyau atteint dans la plupart des cas les 10 millions de degrés, ce qui excite les atomes d'hydrogène au point que les électrons se détachent des noyaux. Même le noyau s'excitent au point qu'il arrive qu'un proton se "heurte" à un électron ce qui donne un neutron. Et il arrive aussi qu'un neutron se "heurte" à un proton et que la force forte intervienne et les collent fermement l'un contre l'autre. Ca nous fait un noyau d'un isotope de l'hydrogène appelé le deutérium. Et quand on y ajoute un autre neutron ça nous donne un tritium. Le plus intéressant, c'est ce qui se passe quand un noyau de deutérium et un noyau de tritium se rencontrent : ça nous fait un plus gros noyau de 3 neutrons et 2 protons. Ce noyau n'est pas encore stable donc le 3ème neutron s'échappe et ça nous fait un noyau composé de 2 neutrons et 2 protons. Et oui, vous avez deviné juste, c'est un noyau d'hélium, un élément plus lourd que l'hydrogène !

Et voilà comment ça se passe la réaction thermo nucléaire. Ceux d'entre vous qui ont bien suivis le fil des idées savent que je devrais parler du processus qui transforme la matière en énergie, et bah je viens de le faire : si on "pèse" la masse des constituants du noyau de l'hélium avant la fusion, et la masse du noyau de l'hélium lui-même, on constatera une sorte de "masse manquante". Cette masse manquante s'est transformée en énergie, (libérée sous forme de photons hyper énergétiques) selon la célèbre formule $E=Mc^2$

Et le reste des éléments, me diriez-vous ? C'est le même principe, les atomes de l'hélium fusionnent avec l'hydrogène pour donner naissance au lithium, et le lithium fusionne avec l'hélium, etc.

C'est un peu tôt pour crier sur les toits que vous avez élucidé le secret de l'existence de tout ce qui est autour de vous, puisque ce n'est pas le cas ! Et bah la réaction thermonucléaire, tout comme les esprits des gens qui veulent arrêter le LHC par "peur", est très limitée. Elle s'arrête au fer, l'élément avec le noyau le plus stable jamais et qui se refuse à la fusion avec d'autres noyaux, dans les circonstances normales. Sauf qu'il n'y a rien de normal dans l'astrophysique, alors pourquoi cette réaction ferait-elle l'exception ?

Il arrive parfois, rarement dans notre univers, qu'une étoile finisse sa vie en un grand feu d'artifice, couramment appelé supernovae. Au cours de cette "explosion", des conditions ultimes de pression et de chaleur sont réunis, ce qui fait que même le fer fusionne pour donner naissance aux éléments les plus lourds comme l'or, l'uranium, le rhodium, le francium, etc. Et ça nous permet d'expliquer la rareté de ces éléments sur terre par la rareté du phénomène qui les produit, et par un autre phénomène : la radioactivité qui dégrade les éléments les plus lourds en d'autres éléments moins lourds (généralement les éléments plus lourds que le plomb sont radioactifs).

En 2 mots, il existe 3 types de rayonnements manifestants la radioactivité :

Le rayonnement alpha, qui consiste en l'évacuation de 2 neutrons et 2 protons du noyau de l'atome, réduisant son numéro atomique, et par définition son nombre de charge donc moins de force de répulsion électrostatique entre les protons, ce qui résulte en la stabilisation du noyau.

Le rayonnement beta +, qui a lieu lorsque un proton se transforme en un neutron par l'intermédiaire de l'émission d'un positron (un anti-électron, donc de charge positive) et le rayonnement beta - qui consiste en la transformation d'un neutron en proton accompagné par l'émission d'un électron.

Le 3ème type de rayonnement est une onde EM dans la gamme Gamma émise par un noyau très excité, comme les déchets de la fission nucléaire de l'uranium.

Et comme conclusion, j'aimerais citer une parole d'un astrophysicien nommé Hubert Reeves :

"Nous sommes tous des poussières d'étoiles"

Article écrit par :

* Makni Rafik

La nucléosynthèse primordiale - 3/3

A sabrine et mes chers adhérents et tout ceux qui m'ont aidé pendant l'écriture de cet article =)