Calcul du quantum de vitesse et de la vitesse limite des objets

Claude Mercier ing., 14 janvier, 2013 claude.mercier@gctda.com
Rév. 24 sept., 2015

En raison de la relativité d'Einstein [2,3]*, il est généralement admis que la vitesse limite d'un objet est la vitesse de la lumière dans le vide. Cependant, il ne peut en être ainsi car une masse qui se déplacerait à la vitesse de la lumière aurait, selon les équations de la relativité, une masse infinie* [4]*. Étant donné que la masse apparente de l'univers est finie* [5,6]*, il devient impossible de transmettre à un objet plus d'énergie qu'il y en a dans l'univers entier. Il y a donc nécessairement une vitesse limite inférieure à celle de la lumière pour tous les objets matériels. Selon nos calculs, la différence entre la vitesse de la lumière et la vitesse limite des objets serait ce que nous pouvons appeler un quantum de vitesse. Ce quantum de vitesse serait d'environ* $2{,}34\times10^{-114}$ *m/s.*

MOTS CLÉS : Quantum, vitesse limite, relativité, Einstein, Planck

1. INTRODUCTION

Afin de calculer la valeur d'un quantum de vitesse et la vitesse limite des objets, nous commencerons par calculer le nombre *N* représentant le nombre maximal de photons pouvant être présents dans l'univers. Cela nous permettra ensuite de situer la masse de Planck dans l'échelle des masses entre la masse la plus petite, qui est celle associée à un photon, et celle qui est la plus grande, c'est-à-dire la masse de l'univers. En constatant, par calculs, que la masse de Planck se situe à une place bien particulière dans l'échelle des masses et en faisant quelques hypothèses sur les équations de la relativité restreinte, nous serons en mesure de calculer la vitesse limite des objets ainsi que la valeur d'un quantum de vitesse. Nous serons alors en mesure de faire une brève analyse des conséquences potentielles sur les particules et les agglomérations de particules (atomes et objets).

2. DÉVELOPPEMENT

2.1. Calcul du nombre *N*

Commençons par calculer le nombre *N* qui correspond au nombre de particules possédant la plus petite quantité d'énergie qui soit.

L'énergie d'un photon est donnée par :

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \tag{1}$$

Dans cette équation, $h \approx 6{,}62606957 \times 10^{-34}$ J·s est la constante de Planck [7], $c \approx 2{,}99792458$ m/s est la vitesse de la lumière dans le vide actuelle [7] et λ est la longueur d'onde.

Théoriquement, le photon qui possède la plus petite quantité d'énergie est celui qui possède la plus grande longueur d'onde. Il n'existe pas de plus grande longueur d'onde que la circonférence de l'univers.

Nous définissons le rayon de courbure apparent de l'univers lumineux R_u comme étant la distance qu'aurait parcouru la lumière durant un temps équivalent à l'âge de l'univers t_u :

$$R_u = c \cdot t_u = \frac{c}{H_0} \approx 1{,}29 \times 10^{26}\,\mathrm{m} \tag{2}$$

L'âge apparent de l'univers est donné par l'équation suivante [9] :

$$t_u = \frac{1}{H_0} \approx 13{,}7 \times 10^{9}\,\mathrm{ans} \tag{3}$$

H_0 représente la constante de Hubble. Nous utiliserons la valeur obtenue par les travaux de David Rapetti [1] :

$$H_0 = 71{,}5 \pm 1{,}3 \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s} \cdot \mathrm{MParsec}} \tag{4}$$

Cette valeur est aussi en bonne concordance avec la valeur de $H_0 \approx 70{,}4 \pm 1{,}4$ km/(s·MParsec) mesurée par l'équipe du WMAP après sept années d'observation [12] et par nos propres recherches [8].

Ce photon aurait donc l'énergie suivante :

$$E = \frac{h \cdot c}{2 \cdot \pi \cdot R_u} = \frac{h \cdot H_0}{2 \cdot \pi} \approx 2{,}44 \times 10^{-52}\,\mathrm{Joule} \tag{5}$$

Associons à une masse m à cette énergie en utilisant l'équation suivante de la relativité restreinte [2] :

$$E = m \cdot c^2 \tag{6}$$

Avec les équations (5) et (6), nous obtenons :

$$m_{ph} = \frac{h}{2 \cdot \pi \cdot R_u \cdot c} \approx 2{,}72 \times 10^{-69}\,\mathrm{kg} \tag{7}$$

La masse m_{ph} est une masse associée à un photon de longueur d'onde $2 \cdot \pi \cdot R_u$ (où

R_u est le rayon de courbure apparent de l'univers). Cette masse est la plus petite unité de masse qui existe. Comme le rayon de courbure apparent de l'univers ne cesse d'augmenter en raison de l'expansion de l'univers [11], cette masse est appelée à diminuer au cours du temps.

D'un autre côté, la masse la plus grande qui soit serait la masse apparente de l'univers m_u. Cette masse est donnée par l'équation suivante [5,6] :

$$m_u = \frac{c^3}{G \cdot H_0} \approx 1{,}74 \times 10^{53}\,\mathrm{kg} \tag{8}$$

Ici, G représente la constante gravitationnelle universelle [7] qui vaut environ $6{,}67384\times10^{-11}\mathrm{m}^3/(\mathrm{kg}\cdot\mathrm{s}^2)$.

Nous pourrions obtenir le nombre maximal de photons de longueur d'onde $2\cdot\pi\cdot R_u$ contenus dans l'univers en divisant la masse apparente de l'univers m_u par la masse m_{ph}. De plus, sans chercher à faire la démonstration ici, voici quelques égalités qui peuvent être facilement démontrées :

$$N = \frac{m_u}{m_{ph}} = \frac{m_u^2}{m_p^2} = \frac{m_p^2}{m_{ph}^2} = \frac{R_u^2}{L_p^2} = \frac{1}{t_p^2 \cdot H_0^2} \approx 6{,}41\times10^{121} \tag{9}$$

Les unités de Planck sont définies comme suit :

La masse de Planck : $$m_p = \sqrt{\frac{h\cdot c}{2\cdot\pi\cdot G}} \approx 2{,}17651\times10^{-8}\,kg \tag{10}$$

La longueur de Planck : $$L_p = \sqrt{\frac{h\cdot G}{2\cdot\pi\cdot c^3}} \approx 1{,}61699\times10^{-35}\,\mathrm{m} \tag{11}$$

Le temps de Planck : $$t_p = \sqrt{\frac{h\cdot G}{2\cdot\pi\cdot c^5}} \approx 5{,}39106\times10^{-49}\,\mathrm{s} \tag{12}$$

Nous pouvons faire apparaître N dans une multitude d'équations. Il représente le nombre maximal de photons de longueur d'onde $2\cdot\pi\cdot R_u$ constituant l'univers.

Sans entrer dans les détails, notons que les trois nombres suivants sont approximativement ceux que Paul Dirac a présentés dans son hypothèse sur les grands nombres en 1974 [10]. Sans que les démonstrations soient faites, nous observons aussi que ces trois grands nombre semblent correspondent approximativement à certaines réalité bien tangibles.

$N^{1/3} \approx 4{,}00\times10^{40} \approx$ Rapport entre énergie électrostatique et gravitationnelle dans l'électron **(13)**

$N^{2/3} \approx 1{,}60\times10^{81} \approx$ Nombre de proton dans l'univers **(14)**

$N^{3/3} \approx 6{,}41\times10^{121} \approx$ Nombre maximal de photons de longueur d'onde $2\cdot\pi\cdot N$ dans l'univers **(15)**

Nous constatons que le seul grand nombre qui semble régir tous les autres est N.

2.2. Position de la masse de Planck sur l'échelle des masses

Une question intrigante serait de savoir quelle est la moyenne géométrique entre la masse la plus grande, c'est-à-dire la masse apparente de l'univers m_u , et la masse la plus petite, c'est-à-dire la masse du photon de longueur d'onde $2\cdot\pi\cdot R_u$.

En utilisant les équations (7), (8) et (10), nous constatons que la moyenne géométrique entre ces deux masses est donnée par :

$$\text{Moyenne géométrique} = \sqrt{m_u \cdot m_{ph}} = \sqrt{\frac{h\cdot c}{2\cdot\pi\cdot G}} = m_p \qquad \textbf{(16)}$$

Nous constatons que cette masse correspond exactement à la masse de Planck. La valeur de cette masse n'est donc pas le fruit du hasard.

La masse de Planck correspond aussi au niveau d'énergie le plus haut que peut atteindre une particule en rotation sur elle-même puisque plus une particule est massive, plus son rayon de rotation est petit. Dans le cas de la masse de Planck, ce rayon est la longueur de Planck qui correspond à un quantum de longueur. Il n'est donc pas possible de tourner plus vite, car le rayon est à son minimum.

L'énergie E_p contenue dans la masse de Planck peut être vue sous forme d'une particule d'énergie $E_p=m_p\cdot c^2$. Elle peut aussi être vue sous forme d'une onde (vecteur tournant sur lui-même à la vitesse de la lumière) $\lambda=2\cdot\pi\cdot L_p$ en utilisant l'équation (1). Notons que l'utilisation de la longueur de Planck L_p dans le calcul de la longueur d'onde correspond au plus petit rayon d'une particule confinée. Par conséquent, cela correspond aussi à la particule ayant la plus grande énergie. Comme expliqué au paragraphe précédent, il est IMPOSSIBLE d'avoir une particule qui aurait plus d'énergie que la masse de Planck.

$$E_p = m_p \cdot c^2 = \frac{h\cdot c}{2\cdot\pi\cdot L_p} \qquad \textbf{(17)}$$

En utilisant les équations (11) et (17), nous obtenons l'équation (10) qui est la définition de la masse de Planck.

2.3. Calcul d'un quantum de vitesse

Selon la relativité restreinte d'Einstein [2], si nous prenons une masse au repos m_0 et que nous la faisons déplacer à une vitesse v, sa masse en mouvement m sera :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \tag{18}$$

Le problème avec cette équation, c'est qu'elle laisse supposer qu'il est possible d'obtenir une valeur infinie pour m lorsque nous faisons tendre v vers c. À priori, notre logique nous dit qu'il est impossible d'obtenir une masse supérieure à celle de l'univers.

Pour résoudre le problème, nous pensons que v est limité par des conditions physiques. Comme la masse de Planck représente le niveau d'énergie maximal d'une particule, nous pourrions calculer à quelle vitesse nous devons déplacer une particule possédant la masse associée à un photon de longueur d'onde $2\cdot\pi\cdot R_u$ pour qu'elle ait la masse de Planck m_p.

$$\frac{m_{ph}}{\sqrt{1-\frac{v_{\max}^2}{c^2}}} = m_p \tag{19}$$

Isolons $v_{\max}$ dans l'équation (19) pour obtenir :

$$v_{\max} = c\cdot\sqrt{1-\frac{m_{ph}^2}{m_p^2}} \tag{20}$$

Comme $m_{ph} << m_p$, nous pouvons faire l'approximation suivante :

$$v_{\max} \approx c\cdot\left(1-\frac{m_{ph}^2}{2\cdot m_p^2}\right) = c - \frac{c}{2\cdot N} \tag{21}$$

Si nous remplaçons $v_{\max}$ par c-ε_v , la valeur de ε_v peut être définie comme étant un quantum de vitesse.

$$\varepsilon_v = \frac{c}{2\cdot N} \approx 2{,}34\times10^{-114}\,\text{m/s} \tag{22}$$

Cette variation de vitesse est la plus petite unité de vitesse qui soit.

Pour mieux tenir compte des limites physiques imposées par l'univers, nous suggérons de réécrire l'équation (18) comme suit :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{(c - n \cdot \varepsilon_v)^2}{c^2}}} \quad \text{où n} = 1, 2, 3, \dots (2 \cdot N) \tag{23}$$

De manière générale, le facteur de Lorentz appliqué aux équations relativistes d'énergie, de quantités de mouvement et de masses devrait s'écrire comme suit :

$$\sqrt{1 - \frac{(c - n \cdot \varepsilon_v)^2}{c^2}} \quad \text{où n} = 1, 2, 3, \dots (2 \cdot N) \tag{24}$$

Attention, n peut descendre à 1 seulement dans le cas où nous cherchons à accélérer des photons de longueur d'onde $2 \cdot \pi \cdot R_u$. Le nombre n ne peut pas être égal à 0. Mais ce nombre augmente au fur et à mesure que la masse m_0 augmente. C'est une relation directement proportionnelle. En fait, la valeur minimale de n est n_{min} :

$$n_{\min} = 2N \cdot \frac{m_0}{m_p} \tag{25}$$

3. CONSÉQUENCES DE NOS RÉSULTATS

3.1. Au niveau des particules

Une unique particule élémentaire doit nécessairement avoir une masse inférieure à la masse de Planck, quelque soit sa vitesse. Plus la vitesse de la particule s'approchera de la vitesse de la lumière dans le vide c, plus sa masse s'approchera de la masse de Planck. Sa vitesse ultime sera c - ε_v.

3.2. Au niveau des agglomérations de particules

Une agglomération de particules élémentaires peut être un atome ou une agglomération complexe d'atomes.

Dans un cas concret, comme chaque particule élémentaire ne peut dépasser la masse de Planck, la vitesse limite de l'agglomération sera limitée par la masse de la particule la plus massive composant ladite agglomération. Si une vitesse supérieure est atteinte, les particules plus légères se dissocieront de l'agglomération. Les particules plus lourdes s'ioniseraient et perdraient leur cohésion électrostatique et nucléaire.

4. CONCLUSION

Suite à nos calculs, nous concluons que la vitesse maximale des particules et des objets n'est pas la vitesse de la lumière mais c - ε_v.. Si la vitesse c était vraiment la limite de vitesse, nous n'aurions pas assez de l'énergie contenue dans l'univers pour atteindre la vitesse voulue. En fait, la masse en mouvement d'une particule ne peut dépasser la masse de Planck. C'est pourquoi, la vitesse maximale d'une particule est limitée par sa masse au repos. Plus elle est grande, moins grande sera sa possibilité d'augmenter en vitesse.

La masse des atomes et des objets est liée aux particules qui les constituent. Si nous cherchons à conserver la cohésion des objets, nous devons respecter la vitesse maximale de la particule la plus massive constituant chaque objet. De plus, la masse totale maximale de l'objet sera la somme des masses des particules en mouvement constituant l'objet en question.

Ce document permettra peut-être de connaître les limites théoriques que peuvent atteindre les grands collisionneurs.

5. RÉFÉRENCES

[1] Rapetti, David et al., "A Combined Measurement of Cosmic Growth and Expansion from Clusters of Galaxies, the CMB and Galaxy Clustering", *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, déposé le 22 mai 2012, pp 1-10, arXiv:1205.4679v1 [astro-ph.CO]

[2] Einstein, Albert, "La relativité", *Petite Bibliothèque Payot*, v. 25, Paris, édition originale de 1956 de Gauthier-Villar reprise intégralement par les éditions Payot & Rivages pour l'édition de 2001, 219 p.

[3] Einstein, Albert, "The Foundation of the General Theory of Relativity", *The Principle of Relativity (Dover Books on Physics)*, New York, publications Dover, 1952 (article original de 1916), pp. 109-164.

[4] Einstein, Albert, "On the Electrodynamics of Moving Bodies ", *The Principle of Relativity (Dover Books on Physics)*, New York, publications Dover, 1952 (article original de 1905), pp. 35-65.

[5] Carvalho, Joel C., "Derivation of the Mass of the Observable Universe", *International Journal of Theoretical Physics*, v. 34, no 12, décembre 1995, p. 2507.

[6] Mercier, Claude, "Calcul de la masse apparente de l'univers", *Pragtec*, Baie-Comeau, Québec, Canada, 5 mai 2012, article disponible sur Internet à : www.pragtec.com/physique/

[7] "Latest (2010) Values of the Constants", NIST Standard Reference Database 121, dernière mise

à jour : avril 2012, article Internet à : http://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html

[8] Mercier, Claude, "Calcul la température moyenne du fond diffus de l'univers et de la constante de Hubble", *Pragtec*, Baie-Comeau, Québec, Canada, 9 juillet 2012, article disponible sur Internet à : www.pragtec.com/physique/

[9] Mercier, Claude, "Calcul de l'âge de l'univers", *Pragtec*, Baie-Comeau, Québec, Canada, 11 avril 2012, article disponible sur Internet à : www.pragtec.com/physique/

[10] Dirac, P. A., "Cosmological Models and the Large Number Hypothesis", *Proceedin of the Royal Society of London*, Angleterre, 1974, A338 (1615) : pp. 439-446.

[11] Hubble, E. et Humason, M. L., "The Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae", *The Astrophysical Journal*, v. 74, 1931, p.43.

[12] Jarosik, N. et al., "Seven-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Sky Maps, Systematic Errors, and Basic Results", *The Astrophysical Journal Supplement Series*, v. 192, no 2, février 2011, pp. 1-15.