Calcul de la constante de gravitation universelle *G*

Claude Mercier ing., 13 mars, 2013 claude.mercier@gctda.com
Rév. 17 octobre, 2015

Dans son hypothèse de 1974 sur les grands nombres, Dirac constatait que certains nombres semblent apparaître dans plein de calculs [1]*. Ces grands nombres sont en fait des rapports de proportionnalités qui permettent de transposer certains rapports (forces, énergie, dimensions, etc.) du monde microscopique au monde macroscopique et vice et versa* [2].

La nature est simple et se répète souvent autant dans l'infiniment grand que dans l'infiniment petit. L'électron tourne sur lui-même et autour du noyau (proton) dans l'atome. L'univers tourne sur lui-même. Chacune de ces rotations permet à de minuscules « tornades » dans l'espace-temps d'augmenter la masse de manière quantique par des effets relativistes répétés. Bien que nous ne connaissions pas tous les processus de rotation et de sauts quantiques existants entre l'infiniment petit et l'infiniment grand, il semble y en avoir 57 au total (ce nombre est nécessairement entier). Il s'ensuit que N, qui est égal au plus grand des nombres décrits dans l'hypothèse de Dirac, est égal à $6{,}3034195351 \pm 0{,}00000012 \times 10^{121}$*. Connaissant mieux ce nombre, cela nous permet de calculer précisément la constante gravitationnelle et de l'évaluer à* $G \approx 6{,}67323036 \pm 0{,}00000030 \times 10^{-11} m^3/(kg \cdot s^2)$*. Cette valeur est en accord avec la valeur du CODATA 2010* [8] *qui est* $G \approx 6{,}67384 \pm 0{,}00080 \times 10^{-11} m^3/(kg \cdot s^2)$*.*

Le fait de connaître précisément la constante G permet de réévaluer plusieurs paramètres de l'univers tels que la constante de Hubble H_0*, la température moyenne du fond diffus de l'univers T, la masse apparente de l'univers* m_u *, le rayon de courbure apparent de l'univers matériel* r_u*, le rayon de courbure apparent de l'univers lumineux* R_u*, l'accélération de la lumière* a_L *et l'accélération Pioneer* a_p*.*

MOTS CLÉS : Gravitation universelle, *G*, Dirac, théorie des grands nombres, Hubble, H_0

1. INTRODUCTION

Selon un document que nous avons présenté précédemment, l'hypothèse sur les grands nombres de Dirac semble avoir potentiellement un fondement réel. Selon cette hypothèse, certains nombres (tous obtenus à partir d'un seul que nous avons baptisé *N*) reviennent fréquemment lorsque nous cherchons des facteurs d'échelle au niveau de l'univers. Pour cette raison, s'il était possible de connaître précisément la valeur de *N* par une méthode indépendante de celles connues, nous pourrions aisément calculer la valeur de la constante de gravitation universelle *G* ainsi que tous les paramètres qui sont dérivés de *G*.

Dans ce document, nous nous attarderons à trouver une méthode de calcul indépendante pouvant mener au nombre *N*. Pour ce faire, nous utiliserons ce que nous considérons être la meilleure estimation de la constante de Hubble, c'est-à-dire une valeur que nous avons nous-mêmes calculée dans de précédents travaux. Connaissant alors une bonne approximation de N, nous établirons une stratégie pour calculer sa valeur exacte et ainsi obtenir la valeur de la constante de gravitation universelle *G* qui lui correspond. Nous essayerons ensuite de faire une démonstration prouvant que notre équation reliant *N* à la constante de structure fine α est vraie. À l'aide de la valeur précise de *G* que nous avons calculée, nous réévaluerons plusieurs paramètres de l'univers tels que la constante de Hubble H_0, la température moyenne du fond diffus de l'univers *T*, la masse apparente de l'univers m_u, le rayon de courbure apparent de l'univers matériel r_u, le rayon de courbure apparent de l'univers lumineux R_u, l'accélération de la lumière a_L et l'accélération Pioneer a_p.

2. DÉVELOPPEMENT

2.1. Constante de Hubble théorique provenant de travaux antérieurs

Lors de précédents travaux [2], nous obtenions une équation qui permettait de calculer la constante de Hubble H_0 [12] dont la précision dépendait principalement de la constante de gravitation universelle *G* :

$$H_0 = \frac{G \cdot m_e \cdot \beta^{\frac{3}{2}}}{c \cdot \alpha \cdot r_e^2} \approx 72{,}10 \pm 0{,}009 \text{ km/(s·MParsec)} \tag{1}$$

Les valeurs suivantes proviennent du CODATA 2010 [8] :

- La constante de Planck $h \approx 6{,}62606957\times10^{-34}$ J·s
- La vitesse actuelle de la lumière dans le vide $c \approx 2{,}99792458$ m/s
- La constante gravitationnelle universelle $G \approx 6{,}67384\times10^{-11}$ m^3/(kg·s^2)
- La constante de structure fine $\alpha \approx 7{,}2973525698\times10^{-3}$
- La constante de Boltzmann $k_B \approx 1{,}3806488\times10^{-23}$ J/°K
- Le rayon classique de l'électron $r_e \approx 2{,}8179403267\times10^{-15}$ m

Quant à la constante β, elle représente le rapport entre la vitesse d'expansion de l'univers matériel et la vitesse de la lumière [3]. La valeur de β est un nombre irrationnel.

$$\beta = 3 - \sqrt{5} \approx 0{,}764 \tag{2}$$

Plusieurs équipes de recherche à travers le monde ont développé leur propre manière de mesurer la constante de Hubble et obtiennent des résultats qu'elles espèrent être les le plus précis possible. Avec un recul, nous constatons aussi que certains résultats sont probablement présentés avec des marges d'erreur qui ne se recoupent pas. Ne connaissant pas tous les détails qui ont mené à ces résultats, il devient difficile de donner plus de crédit à l'une ou l'autre des méthodes de mesure.

Notre méthode pour obtenir H_0 ne provient pas de mesures directes [2]. Elle suppose, entre autres, qu'il y a un lien théorique entre ce paramètre et la constante de gravitation universelle G. Si le lien théorique que nous avons trouvé est bon, alors la marge d'erreur repose presque entièrement sur la constante G puisque celle-ci est beaucoup plus grande que celle des autres constantes fondamentales utilisées.

Puisque les hypothèses du présent document sont basées sur une évidence qu'il y a certains nombres dépendants de H_0, la précision de ce paramètre nous semble cruciale. Si toutes les hypothèses que nous avons faites par le passé s'avèrent vraies, il est dans la suite logique que nous utilisions ces résultats de calculs… jusqu'à ce que nous soyons confrontés à un phénomène qui infirme ce que nous avons trouvé.

Ayant tout de même le souci de présenter des valeurs qui sont corroborées par des recherches indépendantes, notons que la valeur de H_0 obtenue en **(1)** est en accord avec celle mesurée par l'équipe de Xiaofeng Wang [6] qui obtenait $H_0 \approx 72{,}1 \pm 0{,}9$ km/(s·MParsec).

2.2. Coïncidence notée par Dirac

Dans le but d'obtenir éventuellement une deuxième équation donnant la valeur de la constante de Hubble, analysons une des coïncidences découvertes par Dirac en 1974 [1].

En utilisant la valeur de H_0 présentée en **(1)**, la masse apparente observable de l'univers est égale à [4,5] :

$$m_u = \frac{c^3}{G \cdot H_0} \approx 1{,}73 \times 10^{53} \mathrm{kg} \qquad \textbf{(3)}$$

En supposant que l'univers lumineux [3] est présentement en expansion à la vitesse de la lumière c dans le vide [7], le rayon de courbure apparent de l'univers lumineux est :

$$R_u = \frac{c}{H_0} \approx 1{,}28\times10^{26}\,\mathrm{m} \qquad \textbf{(4)}$$

La plus grande unité de distance existante dans l'univers devient donc la circonférence de l'univers lui-même. Par conséquent, la plus petite masse qui puisse exister est celle que l'on peut associer à un photon de longueur d'onde $2\cdot\pi\cdot R_u$:

$$m_{ph} = \frac{h}{2\cdot\pi\cdot R_u} = \frac{h\cdot H_0}{2\cdot\pi} \approx 2{,}72\times10^{-69}\,\mathrm{kg} \qquad \textbf{(5)}$$

Considérons le nombre N comme étant le nombre maximal de photons de longueur d'onde $2\cdot\pi\cdot R_u$ pouvant exister dans l'univers. Si l'univers possède la masse apparente m_u et le photon de longueur d'onde $2\cdot\pi\cdot R_u$, la masse m_{ph} , le nombre N est égal à :

$$N = \frac{m_u}{m_{ph}} = \frac{2\cdot\pi\cdot c^5}{G\cdot h\cdot H_0^2} \qquad \textbf{(6)}$$

Essayons de définir N en remplaçant H_0 par l'équation (1) :

$$N = \frac{2\cdot\pi\cdot c^7\cdot\alpha^2\cdot r_e^2}{G^3\cdot h\cdot m_e^2\cdot\beta^3} \approx 6{,}30169\times10^{121} \qquad \textbf{(7)}$$

N est un facteur d'échelle. Il est sans unité. Sa précision dépend présentement principalement de la précision de G qui est, somme toute, assez médiocre comparée au haut degré de précision des autres paramètres tels que la vitesse de la lumière c, la constante de structure fine α, le rayon classique de l'électron r_e , la masse de l'électron m_e , etc. La valeur de G inscrite dans le CODATA 2010 [8] est $G \approx 6{,}67384\pm0{,}00080\times10^{-11}\mathrm{m}^3/(\mathrm{kg}\cdot\mathrm{s}^2)$.

La constante de structure fine α est du même type que la constante N, c'est-à-dire qu'elle est aussi un facteur d'échelle sans unité. La constante de structure fine représente le rapport entre le rayon classique de l'électron et le rayon de Compton de l'électron.

La nature est simple et se répète très souvent. Les électrons tournent sur eux-mêmes. Dans l'atome, les électrons tournent autour des noyaux. L'univers tourne. Ce ne sont que quelques exemples. Il y en a probablement d'autres que nous ne connaissons pas. Certaines de ces rotations peuvent s'exprimer en terme de la constante de structure fine α. Il y a aussi des sauts quantiques qui peuvent être décrits en terme de la constante de structure fine.

Même si le nombre de sauts ou de rotations demeure inconnu, le phénomène est quantique et il ne peut y avoir de demi-mesures. Le nombre de fois que ces phénomènes sont utilisés par la nature est nécessairement entier. Le facteur de Lorentz s'applique donc *n* fois (*n* étant un nombre entier) à la masse associée au photon de longueur d'onde $2 \cdot \pi \cdot R_u$ pour donner la masse apparente de l'univers que l'on connaît. Si, dans la situation présente, nous associons la constante de structure fine α au facteur de Lorentz, notre hypothèse peut se traduire par l'équation suivante :

$$m_u = \frac{m_{ph}}{\alpha^n} \quad \textbf{(8)}$$

Donc, selon les équations **(6)** et **(8)**, nous avons :

$$N = \frac{m_u}{m_{ph}} = \left(\frac{1}{\alpha}\right)^n \quad \textbf{(9)}$$

Isolons la valeur de *n* :

$$n = Entier\left[\frac{Log(N)}{Log\left(\frac{1}{\alpha}\right)}\right] \quad \textbf{(10)}$$

$$n = Entier\left[\frac{Log\left(6{,}30169 \times 10^{121}\right)}{Log\left(\frac{1}{7{,}2973525698 \times 10^{-3}}\right)}\right] = Entier[56{,}99994] = 57 \quad \textbf{(11)}$$

Ce résultat dépend indirectement de la précision de *G* qui a été utilisée pour calculer *N*. Cependant, il est suffisamment précis pour que nous soyons certains que le nombre entier recherché est exactement 57. Par conséquent :

$$\left(\frac{1}{\alpha}\right)^{57} = N \quad \textbf{(12)}$$

2.3. Calcul de la constante gravitationnelle universelle *G*

Il est possible, à l'aide des constantes de Planck, de démontrer que :

$$G = \frac{c^2 \cdot l_p}{m_p} \tag{13}$$

Ici, l_p et m_p représentent respectivement la longueur de Planck et la masse de Planck :

$$l_p = \sqrt{\frac{h \cdot G}{2 \cdot \pi \cdot c^3}} \quad \text{et} \quad m_p = \sqrt{\frac{h \cdot c}{2 \cdot \pi \cdot G}} \tag{14}$$

Si nous recherchons la valeur de *G*, le problème est que les unités de Planck sont définies elles-mêmes à partir de *G*. Nous tournons en rond. Il serait intéressant de pouvoir trouver un rapport de nombres possédant les mêmes unités qui serait totalement indépendant de *G*.

Partons de l'équation suivante (décrite dans nos travaux [2]) qui est basée sur l'hypothèse de Dirac sur les grands nombres [1] :

$$\frac{E_k}{E_g} = \frac{q_e^2 \cdot \alpha}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot G \cdot m_e^2} = \beta \cdot N^{1/3} \tag{15}$$

Essayons de réécrire cette équation en termes de rayon classique de l'électron r_e . La masse d'un électron m_e est pratiquement entièrement due à son énergie électrostatique. Cela implique que :

$$m_e \cdot c^2 = \frac{q_e^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot r_e} \quad \text{(cas statique)} \tag{16}$$

L'énergie cinétique E_k d'un électron est donc égale à :

$$E_k = \frac{m_e \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c}}} = \frac{q_e^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot r_e \cdot \sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c}}} \tag{17}$$

Pour le **<u>cas particulier</u>** où la vitesse $\upsilon \approx 0{,}999973 \cdot c$, le facteur de Lorentz est égal à la constante de structure fine. Nous pensons que c'est la situation que nous pensons qui prévaut aux abords de l'univers lumineux.

$$\alpha = \sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}} \tag{18}$$

Cela a pour effet de faire apparaître la constante de structure fine de chaque bord de l'équation **(17)** :

$$E_k = \frac{m_e \cdot c^2}{\alpha} = \frac{q_e^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot r_e \cdot \alpha} \tag{19}$$

Supposons deux électrons voyageant de manière colinéaire, à la vitesse υ, tout en étant séparés d'une distance quelconque d. L'énergie cinétique de l'un de ces électrons serait alors égale à :

$$E_k = \frac{m_e \cdot c^2 \cdot r_e}{\alpha \cdot d} = \frac{q_e^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot d \cdot \alpha} \qquad \textbf{(20)}$$

Dans un cas statique, l'énergie gravitationnelle entre deux masses m situées à une distance d est donnée par l'équation de Newton:

$$E_g = \frac{G \cdot m^2}{d} \quad \text{(cas statique)} \qquad \textbf{(21)}$$

Dans un cas dynamique où une masse m se déplace à une vitesse υ, il faut considérer la masse en mouvement m' à l'aide de l'équation suivante de la relativité restreinte :

$$m' = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}} \qquad \textbf{(22)}$$

Si nous envisageons l'équation **(21)** du point de vue dynamique pour le cas particulier d'électrons de masse m_e qui voyagent à la vitesse υ, l'équation devient :

$$E_g = \frac{G \cdot m_e^2}{d \cdot \left(1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}\right)} = \frac{G \cdot m_e^2}{d \cdot \alpha^2} \quad \text{(cas dynamique)} \qquad \textbf{(23)}$$

Le rapport entre l'équation **(20)** et **(23)** est le suivant :

$$\frac{E_k}{E_g} = \frac{\left(\frac{m_e \cdot c^2 \cdot r_e}{\alpha \cdot d}\right)}{\left(\frac{G \cdot m_e^2}{d \cdot \alpha^2}\right)} = \frac{\alpha \cdot r_e \cdot c^2}{G \cdot m_e} \qquad \textbf{(24)}$$

Selon l'équation **(15)**, l'équation **(24)** peut se réécrire de la manière suivante :

$$\frac{E_k}{E_g} = \frac{\alpha \cdot r_e \cdot c^2}{G \cdot m_e} = \beta \cdot N^{1/3} \qquad \textbf{(25)}$$

Le facteur $\beta \cdot N^{1/3}$ représente donc un facteur d'échelle entre l'énergie cinétique d'un électron et son énergie potentielle par rapport à un autre électron qui se déplace de façon colinéaire à une vitesse υ. La distance entre les deux électrons n'a aucune importance puisque nous avons fait le calcul avec une distance d quelconque.

Isolons G de l'équation **(25)** pour obtenir :

$$G = \frac{c^2 \cdot r_e \cdot \alpha}{m_e \cdot \beta \cdot N^{1/3}} \tag{26}$$

Si nous utilisons l'équation **(12)** dans l'équation **(26)**, nous obtenons :

$$G = \frac{c^2 \cdot r_e \cdot \alpha^{20}}{m_e \cdot \beta} \approx 6{,}67323036 \pm 0{,}00000030 \times 10^{-11}\ \mathrm{m}^3 / \left(kg \cdot s^2\right) \tag{27}$$

Cette valeur est parfaitement en accord avec la valeur actuelle prônée par le CODATA 2010 [8] qui évalue $G \approx 6{,}67384 \pm 0{,}00080 \times 10^{-11} \mathrm{m}^3/(\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^2)$.

Sans que nous en fassions l'analyse dans le présent document, l'équation **(27)** nous laisse penser que G n'est pas constant dans le temps, ni dans l'espace.

G dépend du carré de la vitesse de la lumière. Dans un travail antérieur, nous avons déjà démontré que la vitesse de la lumière n'était pas constante au cours du temps. C'est d'ailleurs la cause de la perception d'un supposé « effet Pioneer » qui s'avère n'être en fait qu'une illusion. Celle-ci est causée par la présomption que la vitesse de la lumière est constante lorsque nous utilisons l'effet Doppler. En fait, la lumière accélère au cours du temps et donne l'impression que les objets ralentissent.

De plus, G dépend de β. Cela veut dire que la valeur de G est correcte uniquement pour la position que nous occupons ici dans l'univers matériel. Nous ne pouvons nous prononcer davantage, car nous ne savons pas à quel point le rayon classique de l'électron r_e et sa masse m_e peuvent être affectés par la position dans l'espace.

Il n'en demeure pas moins que la valeur de G ne change probablement pas très rapidement car nous occupons toujours, en proportion, la même position dans l'espace. En effet, même si l'univers matériel prend de l'expansion, l'univers lumineux aussi prend de l'expansion.

Rappelons que Dirac a déjà mentionné qu'il pensait que toutes les grandes constantes de physiques n'étaient probablement pas réellement constantes au cours du temps.

3. DÉMONSTRATION DE L'HYPOTHÈSE DE DÉPART

Précédemment, nous avons utilisé notre intuition pour arriver à l'équation de G. Essayons de voir si nous pouvons partir d'un résultat connu et retrouver l'équation **(12)** de départ.

Partons de l'équation d'énergie de l'électron suivante (provenant de la dualité onde-particule) :

$$m_e \cdot c^2 = \frac{h \cdot c}{2 \cdot \pi \cdot r_c} \qquad \textbf{(28)}$$

Ici, r_c est le rayon de Compton de l'électron. Celui-ci peut être exprimé en fonction du rayon classique de l'électron r_e et de la constante de structure fine α :

$$r_c = \frac{r_e}{\alpha} \qquad \textbf{(29)}$$

L'équation **(28)** devient alors :

$$m_e \cdot c^2 = \frac{h \cdot c \cdot \alpha}{2 \cdot \pi \cdot r_e} \qquad \textbf{(30)}$$

En faisant quelques manipulations algébriques à partir de l'équation **(30)** seulement, nous pouvons obtenir :

$$\frac{c^2}{\left(\sqrt{\dfrac{h \cdot \left(\dfrac{c^2 \cdot r_e \cdot \alpha^{20}}{m_e} \right)}{2 \cdot \pi \cdot c^3}} \cdot \left(\dfrac{\left(\dfrac{c^2 \cdot r_e \cdot \alpha^{20}}{m_e} \right) \cdot m_e}{c \cdot \alpha \cdot r_e^2} \right) \right)^2} = \frac{1}{\alpha^{57}} \qquad \textbf{(31)}$$

Faisons apparaître le facteur β à certains endroits stratégiques sans changer le résultat de l'équation :

$$\frac{c^2}{\left(\sqrt{\dfrac{h \cdot \left(\dfrac{c^2 \cdot r_e \cdot \alpha^{20}}{m_e \cdot \beta} \right)}{2 \cdot \pi \cdot c^3}} \cdot \left(\dfrac{\left(\dfrac{c^2 \cdot r_e \cdot \alpha^{20}}{m_e \cdot \beta} \right) \cdot m_e \cdot \beta^{3/2}}{c \cdot \alpha \cdot r_e^2} \right) \right)^2} = \frac{1}{\alpha^{57}} \qquad \textbf{(32)}$$

En utilisant l'équation **(27)** qui définit G, l'équation **(32)** peut être réécrite comme suit :

$$\frac{c^2}{\left(\sqrt{\frac{h \cdot G}{2 \cdot \pi \cdot c^3}} \cdot \left(\frac{G \cdot m_e \cdot \beta^{3/2}}{c \cdot \alpha \cdot r_e^2}\right)\right)^2} = \frac{1}{\alpha^{57}} \tag{33}$$

En utilisant l'équation **(1)**, l'équation **(33)** peut être réécrite comme suit :

$$\frac{c^2}{\left(\sqrt{\frac{h \cdot G}{2 \cdot \pi \cdot c^3}} \cdot H_0\right)^2} = \frac{1}{\alpha^{57}} \tag{34}$$

Il est possible de réécrire l'équation comme suit :

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot c^3 \cdot c^2}{h \cdot G \cdot H_0^2} = \frac{1}{\alpha^{57}} \tag{35}$$

Cette équation peut être réécrite comme suit :

$$\frac{\left(\frac{c^3}{G \cdot H_0}\right)}{\left(\frac{h \cdot H_0}{2 \cdot \pi \cdot c^2}\right)} = \frac{1}{\alpha^{57}} \tag{36}$$

En utilisant les équations **(3)** et **(5)**, nous obtenons :

$$\frac{m_u}{m_{ph}} = \frac{1}{\alpha^{57}} \tag{37}$$

Grâce à l'équation **(6)**, nous déduisons que :

$$N = \frac{1}{\alpha^{57}} \tag{38}$$

C'est ce nous voulions démontrer.

4. RÉÉVALUATION DE QUELQUES PARAMÈTRES DE PHYSIQUE

Si nos hypothèses sont correctes, la précision de l'évaluation numérique de la constante G serait grandement améliorée par nos calculs. Étant donné que plusieurs paramètres de physique sont reliés à la constante G, il serait intéressant de réévaluer ceux-ci avec plus de précision. Ces paramètres sont : la masse apparente de l'univers m_u, le rayon de courbure apparent de l'univers matériel r_u et lumineux R_u, la constante de Hubble H_0, la température moyenne du fond diffus de l'univers T, l'accélération de la lumière a_L et l'accélération Pioneer a_p.

Compilons les résultats sous forme de tableau.

Paramètre	Équations et valeurs	Source
Constante de gravitation universelle G	$G = \dfrac{c^2 \cdot r_e \cdot \alpha^{20}}{m_e \cdot \beta}$	
	$6{,}67323036 \pm 0{,}00000030 \times 10^{-11}$ m$^3/\left(kg \cdot s^2\right)$	
	$6{,}67384 \pm 0{,}00080 \times 10^{-11}$ m$^3/\left(kg \cdot s^2\right)$	CODATA 2010 [8]
Constante de Hubble H_0	$H_0 = \dfrac{G \cdot m_e \cdot \beta^{3/2}}{c \cdot \alpha \cdot r_e^2} = \dfrac{c \cdot \alpha^{19} \cdot \beta^{1/2}}{r_e}$	
	$72{,}09548632 \pm 0{,}00000046$ km$/\left(s \cdot MPar\sec\right)$	
	$72{,}1 \pm 0{,}9$ km$/\left(s \cdot MPar\sec\right)$	Xiaofeng Wang [6]
Température moyenne du fond diffus de l'univers T	$T = \dfrac{1}{k_B \cdot r_e} \cdot \sqrt{\dfrac{m_e}{\pi^3} \cdot \sqrt{\dfrac{15}{8} \cdot G \cdot h^3 \cdot c^3 \cdot \beta^7}} = \dfrac{m_e \cdot c^2}{k_B} \cdot \left(\dfrac{15 \cdot \beta^6 \cdot \alpha^{17}}{\pi^3}\right)^{1/4}$	
	$2{,}7367951 \pm 0{,}0000026\,°K$	
	$2{,}736 \pm 0{,}017\,°K$	Sonde Cobra [11]
Masse apparente de l'univers m_u	$m_u = \dfrac{c^3}{G \cdot H_0} = \dfrac{m_e \cdot \beta^{1/2}}{\alpha^{39}}$	
	$1{,}728098373 \pm 0{,}000000079 \times 10^{53}$ kg	
	$m_u \propto \dfrac{c^3}{G \cdot H_0}$	Joel C. Carvalho [5]
Rayon de courbure apparent de l'univers matériel r_u	$r_u = \dfrac{\beta \cdot c}{H_0} = \dfrac{r_e \cdot \beta^{1/2}}{\alpha^{19}}$	
	$9{,}802071983 \pm 0{,}000000062 \times 10^{25}$ m	
Rayon de courbure apparent de l'univers lumineux R_u	$R_u = \dfrac{c}{H_0} = \dfrac{r_e}{\alpha^{19} \cdot \beta^{1/2}}$	
	$1{,}2831078807 \pm 0{,}0000000083 \times 10^{26}$ m	
	$\dfrac{c}{H_0} \approx 1{,}28 \pm 0{,}016 \times 10^{26}$ m si $H_0 \approx 72{,}1/\left(s \cdot MPar\sec\right)$	Plusieurs sources

Paramètre	Équations et valeurs	Source
Accélération de la lumière a_L et accélération Pioneer a_p	$a_p = -a_L = \frac{-c \cdot H_0}{\beta} = \frac{-c^2 \cdot \alpha^{19}}{r_e \cdot \beta^{1/2}}$	
	$a_p \approx -9{,}16903263 \pm 0{,}00000001 \times 10^{-10}$ m/s^2	
	$a_p \approx -8{,}74 \pm 1{,}3 \times 10^{-10}$ m/s^2	Brownstein & Moffat [13]

Plusieurs autres paramètres pourraient être recalculés ainsi (temps de Planck, masse de Planck, longueur de Planck, etc.). Nous laissons aux autres le soin de les réévaluer et de les vérifier.

5. CONCLUSION

Nous convenons d'emblée que notre approche s'apparente plutôt à celle d'une conjecture. En effet, nous ne présentons aucune théorie pouvant expliquer adéquatement la raison profonde du fait que l'inverse de la constante de structure fine doit s'appliquer 57 fois pour donner *N*. Nous espérons cependant que nos travaux puissent permettre à d'autres d'identifier cette raison profonde.

Malgré tout, nous pensons qu'il n'est pas requis de connaître exactement le processus qui est sous-jacent à ce phénomène pour se douter qu'il existe.

De manière analogue, si nous voyons bouillir de l'eau à pression ambiante, nous pouvons nous douter, sans nécessairement bien la connaître, qu'une source d'énergie est transmise à l'eau. Si nous connaissons la quantité d'eau, nous pouvons même calculer la quantité minimale de puissance requise. Mais cela ne nous dit pas si c'est une source électrique, du gaz enflammé ou autre. C'est un peu la même chose ici. Nous sommes en mesure de constater que les quantités sont probablement correctes, mais nous n'en connaissons toujours pas les raisons profondes. Cela représente donc la limite de notre document. En même temps, il serait intéressant, dans un document futur, d'essayer de rechercher les raisons profondes de ce phénomène.

Comme nous l'avons noté au cours de nos recherches, la « constante » *G* ne semble pas être constante au cours du temps ni dans l'espace. Il serait intéressant, dans des recherches futures, de trouver les variations en fonction de ces deux paramètres.

Nos hypothèses nous ont permis de trouver une équation liant directement *N* à α. Le fait de connaître *N* avec une grande précision permet indirectement de calculer la constante de gravitation universelle *G*. Bien sûr, comme plusieurs autres « constantes » et paramètres de l'univers sont définis en fonction de *G*, il devient possible d'affiner les marges d'erreur de celles-ci. Ces marges d'erreur dépendent de la véracité de nos hypothèses. Elles ouvrent assurément la voie à certaines explorations mathématiques servant à décrire le monde physique qui nous entoure.

6. RÉFÉRENCES

[1] Dirac, P. A. M., "Cosmological Models and the Large Numbers Hypothesis", *Proceedings of the Royal Society*, Grande-Bretagne, 1974, pp. 439-446.

[2] Mercier, Claude, "Hypothèse sur les grands nombres de Dirac menant à la constante de Hubble et à la température du fond diffus de l'univers", *Pragtec*, Baie-Comeau, Québec, Canada, 4 février 2013, article disponible sur Internet à : www.pragtec.com/physique/

[3] Mercier, Claude, "La vitesse de la lumière ne serait pas constante", *Pragtec*, Baie-Comeau, Québec, Canada, 8 octobre 2011, article disponible sur Internet à : www.pragtec.com/physique/

[4] 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/

[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] Wang, Xiaofeng et al., "Determination of the Hubble Constant, the Intrinsic Scatter of Luminosities of Type Ia SNe, and Evidence for Non-Standard Dust in Other Galaxies", mars 2011, pp. 1-40, arXiv:astro-ph/0603392v3

[7] Macleod, Alasdair, "Evidence for a Universe Expending at the Speed of Light", *University of highlands and islands physics*, Scotland, UK, avril 2004.

[8] "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

[9] 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, p. 109.

[10] 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.

[11] Gush, H.P. et al., "Rocket Measurement of the Submillimeter Cosmic Background Spectrum", *Physical Review Letters*, v. 47, émission 10, 1981, pp. 745-748.

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

[13] Brownstein , J. R. et J. W. Moffat, "Gravitational Solution to the Pioneer 10/11 Anomaly", *Classical and Quantum Gravity*, vol. 23, no. 10, 2006, pp. 3427-3436.