

## Modèle expliquant la force gravitationnelle

Claude Mercier ing., 22 août, 2015  
Rév. 10 avril, 2020

claudemercier@cima.ca

---

*L'équation de gravitation universelle de Newton est largement utilisée dans les calculs en ingénierie et en astrophysique, car elle est simple à utiliser et demande peu de connaissances mathématiques. C'est une équation simple qui décrit bien les phénomènes gravitationnels à basse vitesse et pour de faibles champs gravitationnels. Bien que la relativité générale d'Einstein supplante largement l'équation de gravitation universelle de Newton en termes de précision, cela se fait au prix d'équations demandant un lourd attirail mathématique. En raison de sa simplicité déconcertante, la théorie de Newton demeure la première théorie de base qui est la plus enseignée dans les collèges et universités.*

*Plusieurs tentatives ont été entreprises pour comprendre les fondements réels du phénomène de la gravitation, mais aucun ne répond à toutes les questions suivantes : Est-ce que les lois de la gravitation sont réellement identiques partout? Est-ce que la gravitation est due à une particule telle que le graviton? Est-ce que la gravitation se transmet à la vitesse de la lumière ou est-elle instantanée? Est-ce que la gravitation s'appliquerait en dehors de notre univers? Est-ce que notre univers, après une phase d'expansion, aura ensuite une phase de contraction qui se terminera en un Big Crunch?*

*Ce document a pour but de montrer qu'il est possible de donner un fondement logique à la gravitation universelle de Newton. Nous montrerons que la force d'attraction gravitationnelle n'est qu'un concept. Les forces n'existent pas. Nous baignons dans un bain de photons de différentes longueurs d'onde qui nous percutent dans tous les sens et à tous moments. Ces impacts répétés créent une pression de radiation qui n'est pas forcément identique partout dans l'univers. Tout comme dans une piscine, plus nous sommes plongés profonds dans l'univers, plus la pression de radiation est intense. Selon notre théorie, les objets ne sont pas attirés les uns vers les autres, mais au contraire, ils sont poussés les uns sur les autres par la pression de radiation qui nous entoure. En utilisant ce concept, il est possible de calculer l'accélération transmise aux objets. En circonscrivant les expériences dans un cadre précis (les objets sont macroscopiques, se déplacent à basse vitesse, les distances entre les objets sont faibles et les champs gravitationnels impliqués sont faibles) et en faisant exister le concept de force, nous obtenons l'équation de la force gravitationnelle universelle de Newton.*

---

**MOTS CLÉS :** Gravitation, Newton, Einstein, relativité générale

### 1. INTRODUCTION

En 1686, Isaac Newton présenta pour la première fois une équation qui décrivait les interactions gravitationnelles entre différentes masses. Il a fallu attendre la venue d'Einstein pour savoir que cette théorie était en fait valide seulement à basse vitesse et pour de faibles champs gravitationnels. Bien que sa théorie décrive bien les phénomènes gravitationnels qui nous entourent, Newton n'a

jamais émis aucune justification quant à la nature même de la force gravitationnelle. Il constatait son existence et sa théorie décrivait les manifestations de la gravitation, sans plus. Cette théorie avait cependant le grand mérite d'être simple à utiliser. Même à notre époque, malgré toutes nos connaissances actuelles, nous utilisons encore couramment les équations de Newton en raison de leur simplicité.

En 1915, Einstein présenta sa théorie de la relativité générale [14]. C'est une théorie relativiste de la gravitation basée sur des fondements totalement différents de ceux de Newton. Elle supplante la théorie de ce dernier par le fait qu'elle englobe la théorie de gravitation universelle de Newton pour les faibles vitesses (par rapport à la vitesse de la lumière dans le vide) et les faibles champs gravitationnels. Elle permet de prédire le comportement des objets même à de très hautes vitesses qui s'approchent de celle de la lumière [15]. Déjà, Einstein envisageait que la gravitation ne soit pas réellement une force. Il concevait la gravitation comme étant une manifestation de la courbure de l'espace-temps qui était produite par la distribution de l'énergie, sous forme de masse ou d'énergie cinétique, qui diffère selon le référentiel de l'observateur. Cependant, bien qu'aucun des nombreux tests expérimentaux réalisés n'ait pu mettre cette théorie en défaut jusqu'à ce jour, cette théorie n'explique pas réellement pourquoi l'espace-temps soit courbé par la présence d'énergie. Bien que le principe sous-jacent à la relativité générale soit simple, l'arsenal mathématique qui vient avec est lourd et difficile à comprendre pour tout le monde. Pour cette raison, lorsque vient le temps d'être utilisée en pratique, cette théorie devient souvent le second choix. Mais elle est essentielle dans plusieurs applications telles que les lentilles gravitationnelles, la compréhension des trous noirs, le comportement des satellites, les systèmes de localisation géostationnaires (GPS), etc.

Il est intéressant de savoir que la théorie de la relativité générale ne permet pas de trouver la valeur d'aucune nouvelle constante de physique. Les constantes doivent être mesurées et utilisées dans les calculs. Pour cette raison, la théorie de la relativité générale utilise la théorie de Newton pour se "calibrer" à basse vitesse.

## **2. DÉVELOPPEMENT**

### **2.1. Les forces n'existent pas**

Commençons par faire l'énoncé choquant suivant : les forces gravitationnelles et électriques n'existent pas. En fait, aucune force n'existe. En fait, les forces sont des concepts accompagnés par des outils mathématiques utiles pour prédire les

interactions entre différents éléments de matière. Mais ces dernières n'existent tout simplement pas.

Dans cet article, nous nous attarderons à expliquer les différentes forces et à les quantifier sous forme d'équations. Comme le concept de force est utile et facile à comprendre, nous montrerons qu'il est possible de faire apparaître ce concept comme étant un résultat mathématique et non comme étant une explication.

## 2.2. Le photon est peut-être la particule la plus élémentaire

Supposons que, dans sa représentation la plus simple, toute matière est faite de photons confinés. Pour s'en convaincre, Einstein a énoncé l'équation suivante :

$$E = m_0 \cdot c^2 \quad (1)$$

Interrogeons-nous sur la signification de cette équation. Elle dit qu'il est possible de convertir une masse au repos  $m_0$  en une certaine énergie (photons) par la désintégration de la matière. Mais, cette équation n'est pas unilatérale. Il est aussi possible de prendre la même quantité d'énergie et de la convertir en masse. Cette équation fonctionne de manière bilatérale. Si, en finale, les photons sont le résultat de la désintégration de la matière, nous en concluons qu'à quelque part, toutes les particules sont en réalité faites de photons confinés. Les électrons, protons et neutrons ne sont pas les particules les plus élémentaires. Pas même les quarks. Les photons sont peut-être les particules les plus élémentaires qui soient.

## 2.3. Modèle représentant le vide thermodynamique

Le vide, tel que nous avons l'habitude de le concevoir, est une absence de molécules et d'atomes. Cependant, le vide n'est pas le néant tel que son nom pourrait le laisser croire. Le vide est plein de photons. Il est un véritable bain d'ondes électromagnétiques de différentes longueurs d'onde allant de  $2\pi \cdot L_p$  (où  $L_p$  est la longueur de Planck) jusqu'à la valeur de la circonférence apparente de l'univers  $2\pi \cdot R_u$  (où  $R_u$  est le rayon apparent de l'univers lumineux). Afin d'éviter toutes mésententes avec le terme "vide" qui peut sembler faire référence à une absence totale de tout, l'histoire aurait peut-être dû conserver l'appellation originale "d'éther" pour le vide. Cependant, bien que nous n'aimions pas ce terme et que nous cherchons à l'éviter, afin de conserver les termes les plus récents et les plus utilisés, nous conserverons le terme "vide". Cependant, nous prévenons le lecteur que, pour nous, le vide thermodynamique foisonne de photons qui

percutent les masses de tous bords et de tous les côtés. Le "vide" est simplement vide de matière.

### 3. LA FORCE GRAVITATIONNELLE

Dans une première étape, commençons par essayer de trouver un modèle qui explique les forces gravitationnelles à l'aide de photons qui percutent les masses en relation.

#### 3.1. Comportement de deux corps microscopiques

Nous entendons par corps microscopique une masse tellement petite qu'elle n'est pas suffisante pour moyenniser statistiquement les impacts qu'elle pourrait recevoir venant de différents photons qui l'entourent afin de pouvoir conserver, en moyenne, sa position initiale.

Définissons la masse d'un objet comme étant la somme des quantités de mouvement  $p$  des photons qui le constitue divisée par leur vitesse par rapport à un observateur donné.

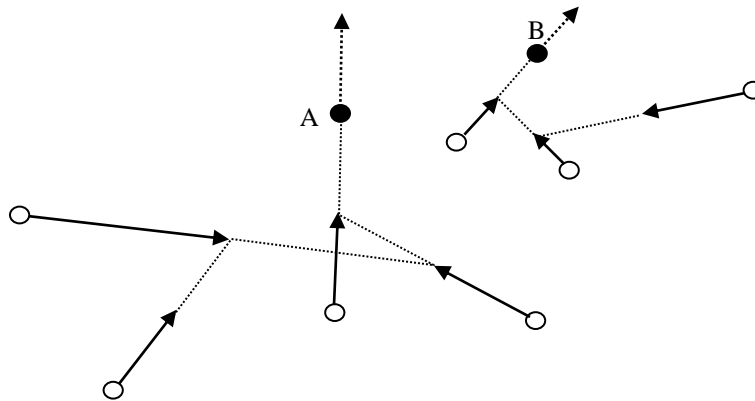
$$m = \sum \frac{p}{v} \quad (2)$$

Une quantité de mouvement peut être de deux types : linéaire ou angulaire. Selon ce constat, si l'objet est au repos par rapport à l'observateur, seules les rotations compteront. Mais si l'objet est animé d'un mouvement rectiligne, une quantité de mouvement supplémentaire s'ajoutera. La masse d'un objet est donnée par la quantité de mouvement totale divisée par la vitesse (linéaire ou angulaire) perçue par un observateur donné. Nous nous rendons alors compte, par cette définition, que la masse d'un objet peut changer selon l'observateur choisi.

Supposons que les particules élémentaires sont faites de différents agencements de photons confinés (leur mouvement est rotatif). La dimension réelle des photons est de l'ordre de la longueur de Planck, c'est-à-dire environ  $1,6 \times 10^{-35}$  m. En fait, ce qui leur donne une longueur d'onde supérieure à cette valeur, c'est leur vitesse de rotation angulaire. Plus ils tournent vite sur eux-mêmes et plus la longueur d'onde est petite. Nous n'entrerons cependant pas dans le détail de comment ces photons se confinent pour constituer les différentes briques qui constituent la matière. L'important, ici, c'est de dire que tous les photons ont en fait la même grosseur physique, qu'ils soient confinés ou non. Voyons-les comme de petites billes qui sont toutes de la même grosseur.

Pour se donner un exemple, supposons deux de ces billes en présence l'une de l'autre dans un espace où il y a absence totale de matière, de lumière et d'ondes électromagnétiques. Seules ces deux petites billes sont dans cet espace. Dans cette expérience, l'univers n'existe pas. Nous évitons sciemment d'utiliser le terme « vide » qui est couramment utilisé pour qualifier l'espace qui est présenté ici car le vide tel que nous le concevons normalement est en fait rempli d'ondes électromagnétiques.

Les deux billes, que nous nommerons A et B, ne subiront aucune « attraction » gravitationnelle car les forces n'existent pas. Si aucun mouvement n'est insufflé à ces billes par rapport à un observateur considéré au repos, rien ne se passera et rien ne bougera.



**Figure 1)** Les billes en noir A et B représentent des photons confinés qui reçoivent les impacts incessants provenant des photons du vide quantique (pression de radiation thermodynamique). Comme les corps A et B sont microscopiques, les comportements semblent chaotiques et non prédictibles.

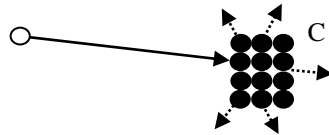
Supposons maintenant (consulter la figure 1) que nous les mettons dans un espace où il y a une quantité quasi innombrable de billes de la même dimension que les billes A et B. Cependant, il y a de l'espace entre les billes. Elles sont en mouvement et, parfois, se heurtent. Elles frappent nos billes A et B dans toutes les directions. Nos billes A et B sont alors animées de mouvements désordonnés, fruits des chocs aléatoires qu'elles subissent.

Dans une telle situation, il serait intéressant de prédire le comportement exact des billes, mais pour se faire, il faudrait tenir compte d'un ensemble considérable de

facteurs initiaux. Il est tout simplement impossible d'y arriver. Seules les statistiques peuvent traiter ce genre de problème.

### 3.2. Comportement de deux corps macroscopiques

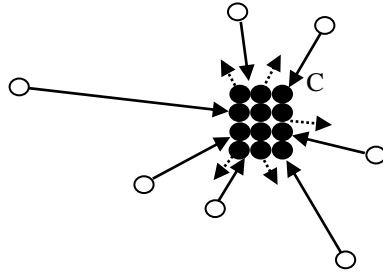
Contrairement à la situation précédente, nous considérerons ici des corps macroscopiques, c'est-à-dire des masses suffisamment grosses pour qu'elles soient capables de moyenniser les impacts qu'elles reçoivent sans bouger par rapport à leur position initiale, ni par rapport à un observateur considéré au repos.



**Figure 2)** Dans l'agglomérat C (représenté par des billes noires regroupées ensemble, mais libres de se déplacer), l'impact d'un seul photon énergétique (bille vide) sur l'agglomérat se traduirait par l'éparpillement des billes de l'agglomérat dans toutes les directions, donnant ainsi des mouvements individuels de basse vitesse à toutes les billes, telle la casse dans un jeu de billard.

Continuons notre réflexion en mettant maintenant une multitude de billes près les unes des autres pour créer des agglomérats que nous nommerons C et D. Notez qu'aucune force ne retient les billes dans chaque agglomérat (comme à la Figure 2 qui montre seulement l'agglomérat C). Cependant, il y a suffisamment de billes dans chaque agglomérat pour que le choc d'une bille venant de l'espace autour puisse être absorbé, du moins partiellement (voir figure 2). En raison de la loi sur la conservation de la quantité de mouvement, le choc entre la bille venant de l'espace et l'un des agglomérats se traduira par un mouvement lent de l'ensemble de l'agglomérat touché. Mais, comme il y a une multitude de billes en mouvement dans l'espace autour, il y a statistiquement une chance que d'autres impacts se produisent de l'autre bord de l'agglomérat, ce qui contrebalancera la quantité de mouvement transmise précédemment.

Si l'univers contenant toutes les billes est suffisamment homogène, chaque agglomérat restera consolidé par la « pression » exercée par le choc des billes venant de l'extérieur (consulter la figure 3). Nous appellerons cette pression, la pression de radiation thermodynamique. En effet, elle est constituée uniquement d'ondes électromagnétiques.

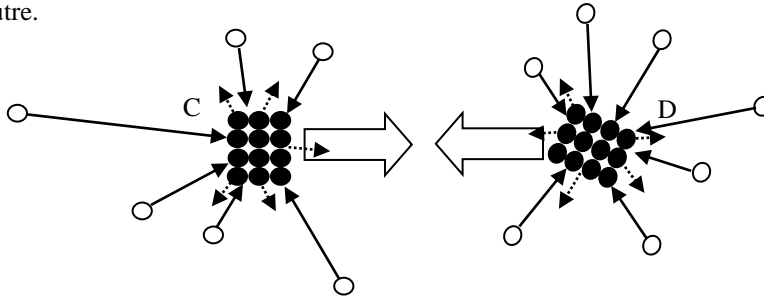


**Figure 3)** Lorsque l'agglomérat C est dans le vide, il est soumis à une rafale de photons provenant de toutes les directions. Même si un seul impact (comme dans la figure 2) aurait tôt fait d'éparpiller les billes de l'agglomérat, ici, les billes sont maintenues ensemble par l'ensemble des impacts provenant de tous les côtés et qui se contrebalancent en "moyennant" statistiquement les impacts. L'agglomérat vibre, mais son centre de masse ne se déplace pas par rapport à un observateur externe.

Les deux scénarios (comportement des corps microscopiques et macroscopiques) que nous avons analysés réagissent différemment. Pour les billes A et B, les mouvements individuels des billes semblaient aléatoires. Mais ce n'est pas le cas pour les agglomérats C et D (voir figure 4). En effet, la masse de chaque agglomérat étant plus grande, les impacts venant des différentes directions ont tendance à se moyennner statistiquement. Les agglomérats n'ont donc pas tendance à faire des mouvements désordonnés. Mais un nouveau phénomène se produit. Si les agglomérats C et D sont suffisamment proches l'un de l'autre, ils auront tendance à bloquer le chemin de certaines billes venant de l'extérieur.

Par exemple, une bille venant de l'espace aurait normalement percuté l'agglomérat D (consulter la figure 4). Mais sur son chemin, elle rencontre des billes de l'agglomérat C. De même, une bille qui aurait normalement percuté l'agglomérat C rencontre sur son chemin des billes de l'agglomérat D. Il se crée donc, au cours du temps, un déficit de percussions dans l'axe qui lie les agglomérats C et D. Ce déficit est d'autant plus grand si nous rapprochons les agglomérats C et D ensemble. Ce déficit de pression de radiation thermodynamique fait en sorte que les impacts non compensés subis par les agglomérats C et D se traduisent par l'augmentation de la quantité de mouvement au cours du temps dans l'axe qui les lie. Les agglomérats C et D semblent alors « attirés » l'un vers l'autre. Un observateur externe qui ne voit pas les microscopiques billes qui voyagent dans l'espace autour des agglomérats aura

tout simplement l'impression que l'agglomérat C est accéléré vers l'agglomérat D et vice et versa. De là, le concept de force. En effet, selon le concept de force, le produit de la masse par son accélération est égal à la force subie. L'observateur constate uniquement le résultat : il semble y avoir une attraction entre les agglomérats. Il ne voit pas que les agglomérats sont en réalité poussés l'un sur l'autre.



**Figure 4)** Lorsque deux agglomérats C et D sont mis en présence l'un de l'autre, il se crée un vide quantique (absence de photon) entre les centres de masse de ceux-ci. Les agglomérats sont ainsi poussés l'un sur l'autre en raison de la pression de radiation thermodynamique provenant des photons du vide. Vu de l'extérieur, un observateur qui ne verrait pas les photons de l'espace serait enclin à penser que les deux agglomérats sont attirés l'un vers l'autre par une "force gravitationnelle".

Nous avons mentionné précédemment que le fait que toutes les billes (photons) soient de même grosseur avait son importance. En effet, quelque soit la longueur d'onde des photons, la « bille » qui le modélise a comme rayon la longueur de Planck. Si une bille était plus grosse qu'une autre, elle aurait plus de chance de se faire frapper. Comme toutes les billes de notre modèle sont de la même grosseur, elles ont toutes les mêmes chances de se faire frapper par les billes venant de l'espace environnant.

### 3.3. Calcul de l'énergie potentielle entre deux corps macroscopiques

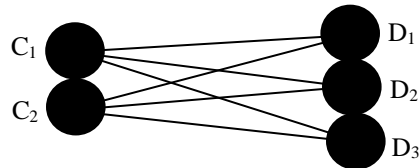
Pour aider à simplifier le modèle (consulter la figure 5) que nous cherchons à expliquer, supposons que nos masses sont de type macroscopiques et ce, même si le cas précis qui est dessiné ne comporte pas beaucoup de billes et devrait normalement être traité comme un corps microscopique. Ce n'est qu'un exemple simple qui sert à faciliter la compréhension. Alors, supposons que dans l'agglomérat C, il y a seulement  $n_1 = 2$  billes (nommées  $C_1$  et  $C_2$ ) et que dans l'agglomérat D, il y a  $n_2 = 3$  billes (nommées  $D_1$ ,  $D_2$  et  $D_3$ ). Il y a alors 6 traits ( $n_1 \times n_2 = 2 \times 3 = 6$ ) que nous pouvons tracer entre les billes suivantes :  $C_1$  et  $D_1$ ,



## Modèle expliquant la force gravitationnelle

9

$C_1$  et  $D_2$ ,  $C_1$  et  $D_3$ ,  $C_2$  et  $D_1$ ,  $C_2$  et  $D_2$ ,  $C_2$  et  $D_3$ .



**Figure 5)** Voici les 6 traits que nous pouvons tracer entre les billes des agglomérats C et D. Ces traits représentent des vides quantiques (absence de photons). En utilisant un autre langage, ils représenteraient le nombre de gravitons (photon virtuel représentant le déficit de photons).

En supposant que les billes sont en réalité faites de photons confinés, nous comprenons que le nombre de photons requis pour constituer la masse des objets en relation est négligeable par rapport au nombre  $N$  de photons constituant la masse totale apparente de l'univers. Le nombre  $N$  est tellement grand que, quelque soit la masse des objets en relation, il restera toujours approximativement  $N$  photons dans l'univers qui seront libres de participer aux collisions.

Cherchons à calculer l'énergie associée au déficit de photons qu'il y a entre les agglomérats C et D. Associons ce déficit à des photons virtuels. Certains donnent le nom de "gravitons" à ces photons virtuels. Dans notre modèle, il est évident que les gravitons n'existent tout simplement pas. Ils représentent uniquement le déficit de photons qu'il y a entre les différentes masses des agglomérats. De notre point de vue, il est inconcevable qu'un objet puisse émettre des gravitons qui seraient de véritables photons puisque les objets finiraient par fondre et voir leur énergie baisser au cours du temps. De plus, il est ridicule qu'une particule réelle qui percuterait d'autres objets puisse avoir comme effet de les faire se rapprocher. Au contraire, si nous lançons des billes sur un objet, ce dernier s'éloignerait sous les impacts des billes que nous lui lançons. Le concept de graviton en tant que particule réelle est donc un non-sens. Il est plutôt, comme nous le prétendons, une particule virtuelle qui représente un déficit de photons.

Les seuls photons qui peuvent entrer en résonance entre les agglomérats A et B sont ceux qui auront comme longueur d'onde  $2\pi$  fois la distance  $r$  qui sépare le centre de masse de l'agglomérat C et le centre de masse de l'agglomérat D.

L'énergie  $E_{ph}$  de chacun de ces photons sera :

$$E_{ph} = \frac{h \cdot c}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (3)$$

Selon le CODATA 2010 [6], la valeur de la constante de Planck est d'environ  $h \approx 6,62606957(29) \times 10^{-34}$  J·s

Ces photons cherchent à repousser les agglomérats par leurs impacts répétés entre ceux-ci. Cependant, de l'autre côté des agglomérats, le restant de l'univers pousse les deux agglomérats ensemble avec  $N$  photons. L'énergie potentielle résultante  $E$  entre les deux agglomérats sera nécessairement une portion de  $E_{ph}$  :

$$E = \frac{h \cdot c}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \frac{n_1 \cdot n_2}{N} \quad (4)$$

Le nombre  $N$  représente le nombre maximal de photons de longueur d'onde  $2\pi R_u$  qu'il est possible d'avoir dans l'univers [13]. Selon nos calculs [9], ce nombre est d'environ  $6,30341951(12) \times 10^{121}$ . En fait, Dirac avait pressenti ce nombre en se rendant compte que les rapports de certaines caractéristiques physiques de mêmes unités donnaient toujours certains nombres [10]. En fait, ces derniers découlent tous du même nombre auquel on applique un exposant fractionnaire différent.

Si nous faisons exister le concept de force pour expliquer un travail, l'énergie de liaison entre deux corps peut être vue comme étant le produit de la force  $F$  sur une distance  $r$  :

$$E = F \cdot r = \frac{h \cdot c}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \frac{n_1 \cdot n_2}{N} \quad (5)$$

En isolant la force  $F$ , nous obtenons :

$$F = \frac{h \cdot c}{2 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot \frac{n_1 \cdot n_2}{N} \quad (6)$$

Dans des travaux antérieurs [9], nous avons déjà évalué précisément la valeur de  $N$  :

$$N = \frac{m_u}{m_{ph}} = \frac{R_u^2}{L_p^2} = \frac{1}{\alpha^{57}} \approx 6,30341951(12) \times 10^{121} \quad (7)$$

Ici,  $m_u$  est la masse apparente de l'univers et  $m_{ph}$  est la masse associée à un photon de longueur d'onde  $2\pi R_u$ . De plus,  $R_u$  est le rayon de courbure apparent de l'univers et  $L_p$  est la longueur de Planck. Selon le CODATA 2010 [6], la longueur

**Modèle expliquant la force gravitationnelle**

11

de Planck  $L_p \approx 1,616199(97) \times 10^{-35}$  m. Selon nos travaux [11], ce nombre est plutôt autour de  $L_p \approx 1,616125436(53) \times 10^{-35}$  m.

En utilisant l'équation (7) dans l'équation (6), nous obtenons :

$$F = c^2 \cdot R_u \cdot \left( \frac{h}{2 \cdot \pi \cdot R_u \cdot c} \right) \cdot \frac{n_1 \cdot n_2}{r^2} \cdot \frac{m_{ph}}{m_u} \quad (8)$$

La masse  $m_{ph}$  associée aux photons de longueur d'onde  $2\pi R_u$  (circonférence apparente de notre univers) est la suivante :

$$m_{ph} = \frac{h}{2 \cdot \pi \cdot R_u \cdot c} \quad (9)$$

Selon nos recherches [1], le rayon de courbure apparent de l'univers vaut :

$$R_u = \frac{c}{H_0} = \frac{r_e}{\beta \cdot \alpha^{19}} = \frac{1}{4\pi \cdot \alpha^{16} \cdot \beta \cdot R_\infty} \approx 1,283107880(68) \times 10^{26} \text{ m} \quad (10)$$

Ce résultat est confirmé par d'autres [2,3,17]. Dans le CODATA 2010 [6], nous retrouvons les valeurs suivantes :

- La vitesse de la lumière dans le vide  $c \approx 299792458$  m
- Le rayon classique de l'électron  $r_e \approx 2,8179403267(27) \times 10^{-15}$  m
- La constante de structure fine  $\alpha \approx 7,2973525698(24) \times 10^{-3}$
- La constante de Rydberg  $R_\infty \approx 10973731,568539(55) \text{ m}^{-1}$

La valeur de  $\beta$  est un nombre irrationnel. Elle exprime le rapport entre la vitesse d'expansion de l'univers matériel et la vitesse de la lumière dans le vide  $c$  [7] :

$$\beta = 3 - \sqrt{5} \approx 0,76 \quad (11)$$

L'inverse de la constante de Hubble [12] représente l'âge apparent de l'univers [16].

La mesure de la constante de Hubble  $H_0$  n'est pas très bien définie présentement. Selon Xiaofen Wang [8] et son équipe, la valeur de la constante de Hubbel serait d'environ  $H_0 \approx 72,1 \pm 0,9$  km/(s·MParsec). Par contre, selon nos recherches [9], elle serait :

$$H_0 = \frac{c \cdot \alpha^{19} \cdot \beta}{r_e} \approx 72,0954863(46) \text{ km/(s} \cdot \text{MParsec)} \quad (12)$$

En utilisant l'équation (9), l'équation (8) devient :

$$F = \frac{c^2 \cdot R_u}{m_u} \cdot \frac{\left(m_{ph} \cdot n_1\right) \cdot \left(m_{ph} \cdot n_2\right)}{r^2} \quad (13)$$

Lorsque nous avons déterminé le nombre de photons qui constituaient les agglomérats C et D, nous avons en fait divisé les masses  $m_1$  et  $m_2$  par la masse au repos que nous pouvons associer à l'énergie d'un photon de longueur d'onde  $2\pi \cdot R_u$  (circonférence apparente de l'univers) :

$$n_1 = \frac{m_1}{m_{ph}} \quad \text{et} \quad n_2 = \frac{m_2}{m_{ph}} \quad (14)$$

Cet énoncé est vrai dans le cas où les masses  $m_1$  et  $m_2$  sont immobiles par rapport à un observateur au repos. Cependant, dans le cas où ces masses seraient en mouvement, les niveaux d'énergie respectifs seraient supérieurs. En effet, une masse en mouvement voit son niveau d'énergie augmenter en raison d'un ajout de photons. Les nombres de photons  $n_1$  et  $n_2$  seraient donc plus élevés.

Pour le cas simple de masses statiques ou qui se déplacent à des vitesses relativement lentes par rapport à la vitesse de la lumière, l'équation (13) peut être réécrite en utilisant les équations (14) :

$$F = \frac{c^2 \cdot R_u}{m_u} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (15)$$

Le rayon apparent de l'univers est donné par le rapport entre la vitesse de la lumière  $c$  actuelle dans le vide et la constante de Hubble  $H_0$  :

$$R_u = \frac{c}{H_0} \quad (16)$$

En utilisant l'équation (16) dans l'équation (15), nous obtenons :

$$F = \frac{c^3}{m_u \cdot H_0} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (17)$$

La masse apparente de l'univers est donnée par l'équation suivante [4,5] :

$$m_u = \frac{c^3}{G \cdot H_0} \quad (18)$$

Dans cette dernière équation,  $G$  représente la constante de gravitation universelle de Newton (reprise par Einstein dans ses équations de la relativité générale). En utilisant l'équation (18), nous pouvons réécrire l'équation (17) comme ceci :

$$F = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (19)$$

Cette équation est celle de la gravitation universelle de Newton. L'équation de Newton est donc le résultat d'une moyenne statistique d'impacts de photons sur des masses de type macroscopique. D'ailleurs, il peut être démontré que l'équation de gravitation universelle de Newton peut être obtenue à l'aide de l'équation statistique de Poisson.

En raison du fait que les impacts des photons ne pourraient pas se compenser adéquatement sur des masses "microscopiques", l'équation de Newton ne peut pas décrire le comportement de ces derniers. Seuls les comportements de masses macroscopiques à basse vitesse peuvent être décrits à l'aide de cette équation.

#### 4. L'ÉNERGIE NOIRE (ÉNERGIE SOMBRE)

Sans que personne n'ait pu prouver son existence, plusieurs soupçonnent qu'il existe une forme d'énergie qui ne serait pas visible par les méthodes traditionnelles, « l'énergie noire ». Selon la NASA, elle composerait 73 % de notre univers.

Comme nous l'avons mentionné, le vide de notre univers est en fait un bain rempli de photons de différentes longueurs d'onde. Selon nous, l'énergie noire serait composée de photons dont les longueurs d'onde sont telles qu'il ne nous serait pas possible de les mesurer. En effet, pour qu'il soit possible de détecter une onde électromagnétique, il est nécessaire de fabriquer une antenne ayant une dimension de l'ordre du quart de longueur d'onde. Évidemment, nous sommes plus ou moins confinés sur Terre et les dimensions permises pour faire des antennes de grande dimension sont plutôt limitées comparé à la gamme de longueurs d'onde qu'il serait intéressant de capter. Même s'il nous était permis de faire une antenne de la dimension de notre galaxie, il nous manquerait une large gamme de longueurs d'onde. De même, dans l'infiniment petit, nous sommes aveugles pour une très large gamme de longueurs d'onde. Il faut savoir que la gamme complète, de l'infiniment petit jusqu'à l'infiniment grand, s'étend de la circonférence de Planck qui est  $2\pi L_p$  jusqu'à à circonférence apparente de notre univers, soit  $2\pi R_u$ .

À défaut de ne pas pouvoir mesurer toutes les longueurs d'onde, il nous reste la théorie...

#### 4.1. Vitesse d'interaction de la gravitation

Faisons une expérience. Prenons un objet et positionnons-le dans l'espace. Supposons que nous sommes un grand magicien et que nous sommes en mesure de faire apparaître instantanément un objet dans l'espace à proximité du premier objet. À quelle vitesse les deux objets laisseront « connaître » à l'autre leur position et leur présence? Sans avoir plus que l'équation de Newton, ce phénomène pourrait sembler instantané. En utilisant nos nouvelles connaissances sur la gravitation, nous savons que la force gravitationnelle n'existe pas et qu'elle est en réalité le fruit d'une pression de radiation de photons. Par conséquent, la transmission, dans le vide, de la « force gravitationnelle » se fait à la vitesse de la lumière.

### 5. CONCLUSION

Comme notre modèle mène à l'équation de gravitation universelle de Newton, nous concluons qu'il peut être utilisé pour mieux comprendre le phénomène de la gravitation. Bien que l'équation résultante de notre modèle ne soit pas aussi précise que celle de la relativité générale, notre modèle a le mérite d'être une explication simple à comprendre et à exprimer de manière mathématique.

La théorie de mécanique classique de Newton ne cherche pas à donner aucune explication sur la cause profonde de la gravitation. Einstein, avec sa théorie de la relativité générale, a expliqué la gravitation par une variation de la géométrie de l'espace en présence d'énergie (masse). Cependant, cette explication ne dit pas comment les masses font varier la géométrie de l'espace. Elle ne fait que la quantifier.

Nous sommes convaincus qu'il sera possible, dans un avenir proche, d'expliquer les notions de forces nucléaires en utilisant un perfectionnement du même modèle qui a servi à expliquer la notion de force gravitationnelle et électrostatique [18].

### 6. RÉFÉRENCES

- [1] Mercier, Claude, "Calcul du rayon de courbure apparent de l'univers", *Pragtec*, Baie-Comeau, Québec, Canada, 9 juin 2013, article disponible sur Internet à : [www.pragtec.com/physique/](http://www.pragtec.com/physique/)
- [2] Silberstein, Ludwik, "The Size of the Universe: Attempt at a Determination of the Curvature Radius of Spacetime", *Science*, v. 72, novembre 1930, p. 479-480.
- [3] Sepulveda, L. Eric, "Can We Already Estimate the Radius of the Universe", *American Astronomical Society*, 1993, p. 796, paragraphe 5.17.

- [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/](http://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] "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>
- [7] 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/](http://www.pragtec.com/physique/)
- [8] 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
- [9] Mercier, Claude, "Calcul de la constante gravitationnelle universelle  $G$ ", *Pragtec*, Baie-Comeau, Québec, Canada, 13 mars 2013, article disponible sur Internet à : [www.pragtec.com/physique/](http://www.pragtec.com/physique/)
- [10] Dirac, P. A. M., "Cosmological Models and the Large Numbers Hypothesis", *Proceedings of the Royal Society*, Grande-Bretagne, 1974, pp. 439-446.
- [11] Mercier, Claude, "Calculs et interprétations des différentes unités de Planck", *Pragtec*, Baie-Comeau, Québec, Canada, 12 octobre 2015, article disponible sur Internet à : [www.pragtec.com/physique/](http://www.pragtec.com/physique/)
- [12] Hubble, E. et Humason, M. L., "The Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae", *The Astrophysical Journal*, v. 74, 1931, p.43.
- [13] 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/](http://www.pragtec.com/physique/)
- [14] Einstein, Albert, "La relativité", *Petite Bibliothèque Payot*, v. 25, Paris, édition originale de 1956 de Gauthier-Villiar reprise intégralement par les éditions Payot & Rivages pour l'édition de 2001, p. 109.
- [15] 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.
- [16] Mercier, Claude, "Calcul de l'âge de l'univers", *Pragtec*, Baie-Comeau, Québec, Canada, 9 avril 2012, article disponible sur Internet à : [www.pragtec.com/physique/](http://www.pragtec.com/physique/)
- [17] Vargas, J. G. et D.G. Torr, "Gravitation and Cosmology: From the Hubble Radius to the Planck Scale", *Springer*, v. 126, 2003, pp. 10.
- [18] Mercier, Claude, "Modèle expliquant la force électrostatique", *Pragtec*, Baie-Comeau, Québec, Canada, 22 août 2015, article disponible sur Internet à : [www.pragtec.com/physique/](http://www.pragtec.com/physique/)