

Calcul du moment du début de l'existence de la lumière dans l'univers

Auteur : Claude Mercier ing. E-Mail : claudemercier@cima.ca

Cet article est une traduction libre autorisée d'un article paru en anglais :

Mercier C. (2022) Calculation of the Moment of the Beginning of the Existence of Light in the Universe. *Applied Physics Research*, Vol. 14, No. 1., pp. 43-58. <https://doi.org/10.5539/apr.v14n1p43>

Résumé

L'âge apparent de l'univers est environ $T \approx 13,56 \times 10^9$ années. La lumière fait partie de notre vie de tous les jours, mais elle n'a pas toujours existé. Selon les physiciens, elle aurait commencé à exister il y a environ ~360 000 à 380 000 ans après le Big bang.

Nous avons calculé le moment exact de l'apparition de la lumière basé sur un nouveau modèle cosmologique montré en 2019. Dans le modèle, nous faisons les hypothèses suivantes: 1) Le rayon apparent de courbure de l'univers augmente à la vitesse de la lumière. 2) Notre univers est en rotation sur lui-même. 3) La vitesse tangentielle de la périphérie de l'univers est la même qu'un électron. 4) Notre univers est fait d'un "univers matériel" imbriqué dans un "univers lumineux".

Avec les lois de la relativité d'Einstein pour les disques tournants et pour l'addition des vitesses, nous pouvons établir le moment où l'univers est devenu transparent et a commencé à émettre de la lumière. Nous évaluons ce moment à ~361 108 ans après le Big bang.

Les hypothèses utilisées pour les calculs révèlent quelques faits intéressants sur la structure et les caractéristiques de notre univers. Cet article peut servir de tremplin pour d'autres analyses.

Mots clés: le début de l'existence de la lumière, la transparence de l'univers, l'addition des vecteurs de vitesse

1. Introduction

Cet article tente de trouver un moyen simple de calculer l'âge de l'univers au moment où la lumière a commencé à exister. Selon certaines sources, ce moment s'est produit entre ~360 000 ans (Jenkins A, Villard R, and Riess A, 2018) à ~380 000 ans (Turner MS, 2009) après le Big Bang. Même si ce moment est d'une importance capitale pour comprendre la genèse de notre univers, aucun modèle ne semble approprié pour calculer précisément ce moment. Néanmoins, les premiers instants ont modelé notre univers et dicté certains paramètres de notre univers. Par exemple, nous verrons que le spin de l'électron est intimement lié à la vitesse tangentielle de l'univers, qui régnait au moment de l'apparition de la lumière.

Notre étude est théorique et basée sur nos recherches et modèles antérieurs (Mercier C, 2019a). Ce modèle implique que l'univers a commencé comme boulette ponctuelle de matière très compacte. Elle était si dense à ses débuts qu'on ne pouvait même pas distinguer les électrons. Après ~360 000 ans le Big Bang, l'univers lumineux a commencé son expansion (Hubble E, 1929). La densité de l'univers était suffisamment faible pour donner une certaine liberté aux électrons. Une fois qu'ils ont pu changer de niveau autour de leur noyau, ils ont commencé à émettre de la lumière. Une vaste sphère faite de lumière a commencé à envelopper l'univers primordial. Nous appelons cette sphère "l'univers lumineux". Cette sphère s'étend à la vitesse de la lumière (Macleod Alasdair, 2004). Puisque la matière ne peut pas voyager aussi vite que la lumière (Einstein A, 1905), elle accumule un retard qui augmente avec le temps. Selon notre modèle, une seconde sphère, composée de matière, est en expansion à une vitesse qui est une fraction β de la vitesse de la lumière. Cette deuxième sphère s'appelle "l'univers matériel". La constante β est unique à notre modèle, et l'univers matériel est imbriqué dans l'univers lumineux. Les deux sphères ont la même origine, qui correspond au centre de masse de l'univers.

Dans notre étude précédente (Mercier C, 2019a, 2019b, 2020 et 2021), nous avons fait l'hypothèse que la vitesse tangentielle de l'univers était la même que celle d'un électron. Cependant, nous ne pouvions pas montrer pourquoi il y avait un lien entre ces deux. Le présent article améliore notre compréhension de l'univers. Elle montre le lien entre le facteur de Lorentz associé à la vitesse de rotation tangentielle de l'univers et la constante de structure fine α qui prévaut dans un électron.

Notre étude actuelle suppose les hypothèses suivantes : 1) L'univers lumineux prend de l'expansion à la vitesse de la lumière. 2) Notre univers tourne sur lui-même. 3) La périphérie de l'univers tourne à la même vitesse tangentielle qu'un électron. 4) Notre univers est constitué d'un "univers matériel" imbriqué dans un "univers lumineux".

La vitesse tangentielle d'un électron est relativiste car elle est très proche de la vitesse de la lumière. Par conséquent, si notre univers tourne sur lui-même avec la même vitesse tangentielle d'un électron, nous devons considérer l'effet relativiste de cette rotation. Selon les effets de disque en rotation d'Einstein (Einstein A, 1912), cela rend l'univers plus grand d'un point de vue d'observateur au repos. Nous montrerons que le facteur de Lorentz associé à la vitesse de rotation tangentielle de l'univers peut être lié à la constante de structure fine qui prévaut dans un électron.

Notre présente étude permettra d'évaluer le moment d'apparition de la lumière (qui sera évalué à ~361 108 ans). D'autre part, il montrera également que notre univers tourne sur lui-même (Hawking S, 1969) (Fennelly AJ, 1976) comme un électron (Llewellyn T, 1926) avec tous les effets relativistes implicites (Einstein A, 1912). Il met également en évidence que le facteur de Lorentz peut être associé à la constante de structure fine α pour quelques effets relativistes dans notre univers. L'association entre α et le facteur de Lorentz est corroborée par notre modèle qui permet de calculer précisément la température T du CMB (Cosmological Microwave Background) dans notre univers. Dans le futur, d'autres liens avec le moment d'apparition de la lumière pourraient être faits pour expliquer certaines caractéristiques des particules.

2. Paramètres physiques

2.1 Paramètres du CODATA 2014 (Comité de données pour la science et la technologie)

Même s'il ne s'agit pas de la version la plus récente, nous recommandons d'utiliser le CODATA 2014 (Mohr PJ, Newell DB, et Taylor BN, 2016) pour comparer nos nouvelles équations et résultats avec nos articles (Mercier C, 2019a, 2019b, 2020, et 2021). Nous préférons une notation compacte pour afficher les tolérances (par exemple, 2,734(10) °K signifie $2,734 \pm 0,010$ °K).

Vitesse de la lumière dans le vide	$c = 299792458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Constante de Planck	$h \approx 6,626070040(81) \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
Constante de structure fine	$\alpha \approx 7,2973525664(17) \times 10^{-3}$
Masse de l'électron	$m_e \approx 9,10938356(11) \times 10^{-31} \text{ kg}$
Rayon Classique de l'électron	$r_e \approx 2,8179403227(19) \times 10^{-15} \text{ m}$
Constante gravitationnelle universelle	$G \approx 6,67408(31) \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$
Constante de Boltzmann	$k_b \approx 1,38064852(79) \times 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$
Constante de Stefan-Boltzmann	$\sigma \approx 5,670367(13) \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$

2.2 Équations et paramètres d'un modèle précédent

Nous voulons nous concentrer sur le calcul du moment de la première apparition de la lumière dans notre univers. Nous ne souhaitons pas réexpliquer tous les détails de notre modèle et de nos résultats (Mercier C., 2019a, 2019b, 2020 et 2021). Au lieu de cela, nous prendrons quelques équations et résultats du modèle décrit dans nos articles précédents. Ces équations peuvent être relativement nouvelles pour la plupart des lecteurs. Par conséquent, nous invitons vivement ceux-ci à lire ces articles connexes.

En 2019, nous avons présenté un nouveau modèle cosmologique (Mercier C., 2019a). Au Big Bang, notre univers était ponctuel. En 1931, Lemaître expliquait que l'univers a commencé par un « atome-primitif » dont le rayon s'étend radialement (Kragh H., 2012). Plus tard, sa vision a été ironiquement surnommée par Hoyle "Big Bang" lors d'une émission de la BBC en 1949 (Kragh H., 2013). Au Big Bang, la friction était à son maximum. Une fois la lumière apparue ~360 000 ans après le Big Bang, une vaste sphère en expansion faite de lumière est apparue entourant la masse initiale. Nous l'avons nommée « univers lumineux » (Mercier C., 2019a). Hubble a été le premier à observer l'expansion de l'univers (Hubble E., 1929). Depuis qu'Einstein, avec les lois de la relativité (Einstein A., 1905), a montré que la matière ne peut pas voyager dans l'espace aussi vite que la lumière, la matière accumule nécessairement un retard. Elle crée donc une deuxième sphère imbriquée dans la première, avec la même source d'expansion correspondant au centre de masse de l'univers (Mercier C., 2019a). La limite

d'expansion de l'univers matériel se situe à une proportion β de l'univers lumineux, qui se déplace à la vitesse de la lumière c (Mercier C., 2019a). Par conséquent, β représente donc le rapport de vitesse entre l'univers matériel et l'univers lumineux (la vitesse de la lumière c).

En se basant sur la relativité restreinte, Einstein a montré que la présence d'une masse m modifie les propriétés de l'espace-temps et réduit la vitesse de la lumière (Einstein A., 1911). Un photon situé à une distance r du centre de masse m aurait alors une vitesse v_L . Basé sur les équations de la relativité générale (Einstein A., 1916), dans un contexte de champ gravitationnel faible (lorsque le potentiel gravitationnel $\Phi \ll c^2$), Schwarzschild a donné la solution suivante (Grøn Ø., 2016) (Binney J et Merrifield M, 1998).

$$v_L(r) = \frac{c}{n_0} \quad \text{où} \quad n_0 = \sqrt{\frac{1-2\Phi/c^2}{1+2\Phi/c^2}} \quad \text{et} \quad \Phi = \frac{-Gm}{r} \leq 0 \quad (1)$$

En 2019, sur la base de l'Équation (1), nous avons émis l'hypothèse que l'expansion de l'univers modifie également les propriétés de l'espace-temps en réduisant la densité de l'espace (Mercier C., 2019a). Pendant ce temps l'univers s'étend, sa masse s'éloigne du centre de masse de l'univers. Il permet alors une légère accélération de la lumière a_L dans le temps. Même si c est la vitesse limite réelle, la vitesse de la lumière tendra vers une nouvelle valeur baptisée k lorsque le rayon de courbure apparent R_u de l'univers tendra vers l'infini. La conséquence en est que la vitesse c ne sera plus la limite de vitesse à l'avenir. Nous avons gardé l'esprit de l'Équation (1), mais nous avons remplacé la limite de vitesse par k . Puis nous avons modifié le potentiel gravitationnel par Θ de sorte que v_L devienne égal à la vitesse réelle de la lumière c pour un rayon r_u correspondant à notre emplacement exact dans l'univers.

$$v_L(r_u) = \frac{k}{n} = c \quad \text{où} \quad n = \sqrt{\frac{1-2\Theta/k^2}{1+2\Theta/k^2}} \quad \text{et} \quad \Theta = \frac{-Gm_u}{r_u} \leq 0 \quad (2)$$

Le rayon de courbure apparent R_u de l'univers lumineux (parfois appelé "rayon de Hubble" comme par Zichichi A., 2000) peut être calculé en supposant une vitesse continue de la lumière c pendant un temps égal à l'âge apparent de l'univers, qui est de $1/H_0$ (Mercier C., 2019a et 2021) (où H_0 est la constante de Hubble que nous avons évaluée à environ $72,09 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{MParsec}^{-1}$). En 2019, nous avons montré différentes manières de calculer R_u (Mercier C., 2019a et 2019b). Nous pouvons simplement l'appeler le rayon de l'univers pour le rendre plus court dans le texte.

$$R_u = \frac{c}{H_0} \approx 1,28 \times 10^{26} \text{ m} \quad (3)$$

Notre parcelle d'univers matériel est une fraction β du rayon total de l'univers lumineux R_u . Par conséquent, nous obtenons :

$$r_u = \beta R_u \approx 0,97 \times 10^{26} \text{ m} \quad (4)$$

Si la vitesse d'expansion de l'univers matériel est v_m , c'est une fraction β de la vitesse d'expansion v_L de l'univers lumineux. La dérivée de la vitesse v_m évaluée à notre emplacement r_u est la constante de Hubble H_0 .

$$\left. \frac{dv_m}{dr} \right|_{r=r_u} = \beta \left. \frac{dv_L}{dr} \right|_{r=r_u} = H_0 \quad (5)$$

En 1995, Carvalho J.C., a calculé la masse apparente m_u de l'univers. Nous avons également trouvé le même résultat en 2019 (Mercier C, 2019a et 2019b).

$$m_u = \frac{c^3}{GH_0} = \frac{c^2 R_u}{G} \approx 1,73 \times 10^{53} \text{ kg} \quad (6)$$

D'un système de 5 équations (composé des Équations (2), (3), (4), (5), et (6)), nous avons déduit les 5 inconnues β , k , r_u , R_u et m_u (Mercier C, 2019a). La constante β est unique à notre modèle, mais elle s'avère essentielle pour construire plusieurs équations reliant différents paramètres de l'univers (Mercier C., 2019a).

$$\beta=3-\sqrt{5} \quad (7)$$

Dans notre modèle, pendant que l'univers s'étend, tous les éléments de masse de l'univers s'éloignent du centre de masse de l'univers. En conséquence, l'univers devient moins dense et réduit son influence sur la lumière, ce qui permet à la vitesse de la lumière d'augmenter très lentement.

À notre emplacement dans l'univers, c'est-à-dire à $r = r_u$, l'accélération de la lumière a_L est donnée par l'Équation (8).

$$a_L|_{r=r_u} = \left(c \frac{dv_L}{dr} \right) \Big|_{r=r_u} = \frac{cH_0}{\beta} \approx 9,17 \times 10^{-10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (8)$$

À la périphérie de l'univers, c'est-à-dire à $r = R_u$, l'accélération de la lumière a_L est donnée par l'Équation (9).

$$a_L|_{r=R_u} = \left(c \frac{dv_L}{dr} \right) \Big|_{r=R_u} = cH_0 \approx 7,00 \times 10^{-10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (9)$$

Le taux de variation de la vitesse de la lumière est si faible qu'il passe totalement inaperçu pour le moment. Par exemple, ici, sur notre site, il faudra environ 35,6 ans avant que la vitesse de la lumière change de 1 m/s. Or, aux confins de l'univers lumineux, la vitesse de la lumière augmente d'environ 1 m/s tous les 45,3 ans. Bien sûr, il existe un facteur β entre ces deux valeurs en raison de l'Équation (5). Dans notre modèle, la vitesse de la lumière reste et restera une vitesse limite indépassable, quoi que ce paramètre devienne dans le futur.

Le Bureau international des poids et mesures (Bureau international des poids et mesures, BIPM) a déclaré en 1983 que la vitesse de la lumière dans le vide c est constante et est devenue une norme (Bernard J. et Blanc-Lapierre A., 1983). Nous tenons à mentionner que la décision du BIPM était un choix pour faciliter l'établissement d'une norme. Les impacts sont énormes. Par exemple, même si la vitesse de la lumière augmente avec le temps, nous la forçons à rester constante. Donc, dans cette situation, on redéfinit inconsciemment et continuellement les unités de base (le mètre, la seconde et le kilogramme), ce qui impacte tous les paramètres physiques. Le bon côté de ce choix est que la plupart des paramètres dépendant de l'unité (probablement tous) de l'univers restent "constants". Cependant, elle complexifie quelques phénomènes qui pourraient s'expliquer beaucoup plus facilement si l'on acceptait le concept d'une vitesse non constante de la lumière. Par exemple, imposer que la vitesse de la lumière c soit constante force le paramètre de structure fine α à changer imperceptiblement et lentement dans le temps (Prestage John D, Tjoelker Robert L et Maleki Lute, 1995) (Fortier TM et al., 2007) (Murphy MT et al., 2001) (Cingöz A et al., 2007) alors qu'il ne le devrait pas. En effet, la constante de structure fine α est un rapport formé de deux paramètres de mêmes unités. Par exemple, il peut s'agir du rapport entre le rayon classique r_e d'un électron et le rayon Compton r_c d'un électron. Il peut aussi s'agir du rapport entre la valeur au carré d'une charge élémentaire q_e et $4\pi\epsilon_0\hbar c$. De nombreux autres rapports peuvent décrire la constante de structure fine α . Comme la constante de structure fine est sans unité, l'unité du numérateur est la même que son dénominateur. Cela signifie également que si un changement se produit au numérateur dans le temps, la même modification en pourcentage apparaîtra au dénominateur. Par conséquent, α est bien une constante. Cela implique que nous devrions admettre que les changements attribués à la constante de structure fine devraient plutôt concerner la vitesse de la lumière et tous les autres paramètres dépendant de l'unité de l'univers.

Néanmoins, le choix d'affirmer que la vitesse de la lumière reste constante est judicieux d'un point de vue métrologique. Il suffit d'être conscient de ce choix et de le mentionner dans nos ouvrages pour s'assurer que le lecteur ne méconnaîtra pas nos processus de pensée. Ainsi, dans ce travail, et dans tous les autres précédents (Mercier C., 2019a, 2019b, 2020 et 2021), nous choisissons de garder la structure fine α vraiment constante, et nous acceptons que toutes les autres "constantes" de physique dépendant des paramètres changer lentement avec le temps.

En 2019 (Mercier C., 2019a), en utilisant les grands nombres de l'hypothèse de Dirac (Dirac P.A.M., 1938 et 1974), nous avons montré que tous ces grands nombres pouvaient être décrits à partir d'un seul que nous avons appelé N en utilisant différents exposants rationnels. Ce nombre représente le nombre maximum de photons de plus faible énergie contenu dans l'univers. On peut trouver sa valeur en divisant la masse apparente m_u de l'univers (voir Équation (6)) par la masse m_{ph} d'un photon associé à la plus grande longueur d'onde pouvant être contenue dans l'univers, c'est-à-dire la circonférence de l'univers ($2\pi R_u$). Nous avons également trouvé que N est

lié à la constante de structure fine α .

$$N = \frac{m_u}{m_{ph}} = \frac{1}{\alpha^{57}} \approx 6,303419702(84) \times 10^{121} \quad (10)$$

La masse m_{ph} peut être trouvée en assimilant l'énergie de masse à l'énergie de longueur d'onde.

$$m_{ph}c^2 = \frac{hc}{2\pi R_u} \rightarrow m_{ph} = \frac{h}{2\pi R_u c} \approx 2,74 \times 10^{-69} \text{ kg} \quad (11)$$

En 2019 (Mercier C., 2019a), nous avons constaté qu'en utilisant l'Équation (10) avec les équations précédentes trouvées dans notre modèle cosmologique, nous pouvions trouver la constante gravitationnelle universelle G et la décrire en fonction des caractéristiques des électrons.

$$G = \frac{c^2 r_e \alpha^{20}}{m_e \beta} \approx 6.673229809(86) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} \quad (12)$$

L'Équation (12) donne un résultat le mieux ajusté sur 35 valeurs mesurées (en utilisant une spline cubique) (Mercier C., 2020). Elle est également en accord avec la valeur de $G \approx 6,6732(31) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ (Taylor BN, Parker W.H. et Langenberg D.N., 1969). De plus, elle est proche de la valeur CODATA 2014 à 130 ppm près (partie par million). Par conséquent, nous utiliserons l'Équation (12) et sa valeur dans le reste de l'article.

En 2019 (Mercier C, 2019), à partir du même modèle, nous avons également montré que la constante de Hubble H_0 pouvait être décrite théoriquement en fonction des caractéristiques des électrons.

$$H_0 = \frac{c\alpha^{19} \sqrt{\beta}}{r_e} \approx 72,09548580(32) \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{MParsec}^{-1} \quad (13)$$

L'Équation (13) représente le meilleur ajustement sur 608 valeurs mesurées (Mercier C., 2021). Notre résultat est similaire à $72,1 \pm 2,0 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{MParsec}^{-1}$ (Soltis J., Casertano S., and Riess A.G., 2021), $72,1^{+2,1}_{-1,8} \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{MParsec}^{-1}$ (Martinelli M. and Tutusaus I., 2019) et $72,1^{+3,2}_{-2,3} \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{MParsec}^{-1}$ (Salvatelli V, Marchini A., Lopez-Honorez L. et Mena O., 2013). Par conséquent, nous utiliserons l'Équation (13) dans le reste du présent article.

En 2019, nous avons montré que nous pouvions calculer théoriquement la température moyenne du CMB (Cosmological Microwave Background) avec l'équation suivante (Mercier C, 2019a) :

$$T = \frac{m_e c^2}{k_b} \left(\frac{15\beta^6 \alpha^{17}}{\pi^3} \right)^{1/4} \approx 2,7367958(16) \text{ °K} \quad (14)$$

L'Équation (14) est en accord avec les résultats de la sonde Cobra (Gush H.P., 1981) avec $T \approx 2,736(17) \text{ °K}$ et avec Partridge (Partridge R.B., 1997), qui a obtenu $T \approx 2,734(10) \text{ °K}$. Mentionnons que nous avons obtenu cette équation en faisant l'hypothèse que l'univers tourne sur lui-même à une vitesse tangentielle relativiste proche de la vitesse de la lumière. Nous verrons plus loin que cette vitesse de rotation tangentielle est la même que celle d'un électron. Sans cette hypothèse, affirmer à tort que l'univers n'a pas de mouvement de rotation dans son ensemble conduit à conclure que $T \approx 32 \text{ °K}$, ce qui est faux compte tenu des mesures de Gush H.P., Partridge R.B., et Fixsen D.J., 2009. Par conséquent, l'univers doit tourner sur lui-même.

3. Méthode

Pour calculer le moment de l'apparition de la lumière, nous devons commencer par considérer les effets relativistes du disque en rotation d'Einstein. Ensuite, pour évaluer les effets relativistes, il faut déterminer la vitesse de rotation tangentielle de l'univers.

3.1 Les effets de disque tournant d'Einstein appliqués à notre univers

Supposons un disque rigide sans masse au repos. Sa circonférence est de $2\pi r$, où r est le rayon du disque. Cette équation est valide si le disque reste au repos. Collons deux tiges rigides de 1 mètre, une sur le rayon r et une sur la périphérie du cercle (tangente au rayon). Les deux tiges ont la même longueur pour un observateur au repos et un disque au repos.

Comme Einstein en 1912, considérons une autre situation où le disque tourne avec une vitesse relativiste

tangentielle v . La première observation est que la vitesse tangentielle maximale v ne peut pas être plus rapide que la lumière dans le vide c . Plus le disque est grand, plus la vitesse angulaire ω est faible. Nous pourrions vouloir estimer la circonférence du disque en utilisant l'équation standard $2\pi r$. Cependant, ce serait une grosse erreur, surtout avec des vitesses tangentielles relativistes, pour un disque en rotation. Un observateur au repos constaterait que les deux tiges n'ont plus la même longueur. La tige collée sur le rayon mesure encore 1 mètre de long, mais la tige collée sur la périphérie du disque semble plus petite à cause des effets de la relativité restreinte. Comme la tige périphérique est plus petite, nous pouvons coller plus de tiges similaires sur la périphérie du disque, et la longueur de la circonférence semble supérieure à $2\pi r$. Pour un observateur au repos, la circonférence ressemble maintenant à L_c .

$$L_c = \frac{2\pi r}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (15)$$

Le rayon semble devenir artificiellement plus grand pour un observateur au repos à cause des effets relativistes. Par conséquent, en raison des effets relativistes, le rayon ressemble maintenant à r' :

$$r' = \frac{r}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (16)$$

Construisons une sphère particulière, constituée de disques empilés sur un arbre. Chaque disque n'a pas de frottement avec ses voisins, et chaque périphérie de disque a la même vitesse tangentielle v . Chaque disque est infiniment mince. Par conséquent, le volume rotatif V de la sphère devient l'intégrale de tous les disques empilés.

$$V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{r}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right)^3 \quad (17)$$

On peut se demander pourquoi les disques empilés ont la même vitesse tangentielle v quel que soit leur rayon. Nous avons fait ce choix pour correspondre à ce que nous pensons être la réalité de notre univers. Nous avons supposé des disques rigides, mais ce scénario a été utilisé pour visualiser facilement ce qui se passe lorsque nous appliquons un couple sur un arbre pour forcer un disque à tourner. Or, dans notre univers, il n'y a pas de disque rigide. Bien qu'il y ait frottement et conservation du mouvement.

3.2 Détermination de la vitesse de rotation tangentielle v de l'univers

Chaque élément de disque périphérie de l'univers lumineux tourne avec une vitesse tangentielle v . Cette vitesse est très proche de c puisque l'univers lumineux est construit avec de la lumière. Nous avons besoin de connaître sa valeur précise pour évaluer adéquatement les effets relativistes de la rotation de l'univers. Nous testerons ensuite nos hypothèses en calculant la température moyenne du CMB. En comparant le résultat de notre calcul à la valeur mesurée du CMB, nous déterminerons si notre hypothèse a du sens ou non.

On pourrait objecter que notre univers ne tourne peut-être pas sur lui-même. Cependant, d'autres que nous pensent que l'univers tourne sur lui-même. D'autres scientifiques (Hawking S., 1969 et Fennelly A.J., 1976) ont déjà fait l'hypothèse d'un univers en rotation. Néanmoins, nous devons trouver des preuves pour étayer cette hypothèse.

Supposons une tige rigide, sans masse, avec une longueur infinie. Si elle ne tourne pas, il est théoriquement possible de maintenir la tige droite. Cependant, même si elle tourne très légèrement, et même si elle est infiniment rigide, il y aura quelque part sur la tige où la vitesse tangentielle sera la vitesse de la lumière. Comme il est impossible de se déplacer plus vite que la lumière, la tige va commencer à se courber sur lui-même par des effets relativistes. La longueur de la tige et son rayon dépendront alors de la vitesse angulaire de rotation. Il en est de même pour l'univers. Sa vitesse de rotation angulaire est extrêmement lente, et le rayon de courbure apparent de l'univers est actuellement $R_u \approx 1,28 \times 10^{26}$ m. À l'autre extrême, si l'angle est à son maximum, le rayon deviendra égal à la longueur de Planck. Si nous appliquons l'Équation (17) à l'univers, le rayon r deviendra R_u , c'est-à-dire le rayon apparent de l'univers. Cependant, à ce stade de la discussion, nous ne connaissons

toujours pas la valeur de v . Nous avons besoin de connaître sa valeur pour aller plus loin.

Supposons que la vitesse tangentielle de la périphérie de l'univers est la même que celle d'un électron.

Lorsque l'univers a commencé à prendre de l'expansion après le Big Bang, la lumière n'existait pas. Pour qu'il y ait émission d'un photon, il faut qu'un électron passe d'une orbitale correspondant à un niveau d'énergie élevé à une autre orbitale correspondant à un niveau d'énergie inférieur, en se rapprochant du noyau. À ses débuts, l'univers était fait d'une matière si compacte que les électrons ne pouvaient pas se déplacer. Par conséquent, l'univers était sombre, sans lumière.

Une fois que la densité de la matière a suffisamment diminué pour donner une certaine liberté autour du noyau, les électrons ont commencé à émettre de la lumière et l'univers est devenu transparent. Cet événement s'est produit environ 360 000 ans après le Big Bang. Juste avant ce moment, l'univers tournait avec une certaine vitesse tangentielle v . Le frottement et la vitesse tangentielle de l'univers étaient si intenses que tout ce qui se trouvait à sa surface (c'est-à-dire les électrons) était forcé de rouler avec la même vitesse tangentielle que le univers. Nous affirmons que la rotation de l'univers peut avoir initié le spin de l'électron. Cela expliquerait pourquoi tous les électrons ont le même spin et la même charge. Llewellyn a supposé que le spin de l'électron est causé par une rotation de l'électron sur lui-même (Llewellyn T., 1926). Nous pensons la même chose. Lorsque l'univers a commencé son existence, sa quantité totale de mouvement était nécessairement nulle (pour des mouvements de translation et de rotation). Ensuite, dès que l'univers n'était qu'un gros bloc dur et qu'il y avait suffisamment d'espace entre les particules, l'univers pouvait tourner puisque les particules pouvaient rouler dans la direction opposée à l'univers pour maintenir un moment cinétique nul.

Lorsque l'univers a commencé à émettre de la lumière radialement par rapport à la surface de l'univers, il a créé "l'univers lumineux". Par conséquent, nous pensons que le rayon de l'univers lumineux a commencé à augmenter radialement à partir de la surface de la sphère de l'univers à la vitesse de la lumière et continue de s'étendre à la vitesse de la lumière. Cependant, notons qu'à cette époque, la vitesse de la lumière était plus lente qu'aujourd'hui. Il augmente encore avec le temps vers une valeur asymptotique k (qui est de l'ordre de $2c$ selon nos calculs (Mercier C., 2019a)) qui sera atteinte lorsque le rayon de courbure apparent de l'univers tendra vers l'infini.

Précisons un détail. La valeur du rayon de l'univers pour laquelle la vitesse tangentielle est v est un peu plus petite que R_u correspond à un rayon de l'univers qui a commencé à augmenter à la vitesse de la lumière à partir du Big Bang. Ce retard est dû à l'apparition de la lumière ~360 000 ans après le Big Bang. Même si la vitesse de la lumière augmentait lentement avec le temps, on peut parler d'un âge apparent de l'univers qui serait d'environ $1/H_0$ (Mercier C., 2019a et 2021). En effet, on surnomme cet âge de l'univers "apparent" car c'est l'âge que l'on obtiendrait en supposant une vitesse constante de la lumière égale à la valeur réelle c . Si nous prenions une photo de maintenant sans savoir comment était le passé et comment sera le futur, nous obtiendrions cette valeur en supposant que l'univers s'est continuellement étendu à une vitesse constante de la lumière c . L'âge de l'univers n'est pas seulement de type réel. Il est de type complexe, avec une partie réelle et une partie imaginaire. L'âge apparent associé à cet âge complexe est l'hypoténuse d'un triangle rectangle.

À cause du retard de ~360 000 ans, la vitesse tangentielle de la périphérie de l'univers lumineux n'est pas tout à fait la vitesse de la lumière mais un peu moins. En effet, il s'agit du rapport fractionnaire suivant de la vitesse de la lumière c :

$$\text{Vitesse tangentielle de l'univers} \approx \left(\frac{13,56 \text{ milliards d'années} - 360\,000 \text{ années}}{13,56 \text{ milliards d'années}} \right) c \approx 0,999973c \quad (18)$$

Si nous regardons maintenant un électron, son rayon classique est r_e . Cette valeur est le rayon pour lequel la sphère de l'électron contient toute sa masse en raison de sa charge électrique. Quant à l'univers, les électrons eux-mêmes sont des mini-mondes en expansion au même rythme que le reste de l'univers. Ainsi, le rayon pour lequel l'électron aurait une vitesse tangentielle de la lumière c est légèrement plus grand que le rayon classique r_e . Néanmoins, les proportions seront les mêmes que pour l'univers. La taille croissante d'un électron par rapport à la taille croissante de l'univers est comme de minuscules bulles dans une éponge sphérique à partir de laquelle nous relâchons la pression de notre main. Les multiples minuscules bulles à l'intérieur de l'éponge grossissent au même rythme que l'ensemble. Nous essayons de dire que tout augmente en dimensions au même rythme que l'univers entier. Rien n'échappe à cette loi, pas même la longueur de Planck L_p .

Supposons que nous continuions à affirmer que la vitesse tangentielle de l'électron (à son rayon classique r_e) est la même que la vitesse tangentielle de l'univers. Cela signifie que la vitesse tangentielle de l'électron est d'environ $v \approx 0,999973c$. Comme une telle vitesse est relativiste, nous devons utiliser les principes du disque en

rotation d'Einstein. Par conséquent, nous pouvons appliquer l'Équation (16). Pour un observateur au repos, la circonférence de la sphère électronique ne ressemblera plus à $2\pi r_e$. Il semblera plutôt beaucoup plus significatif (la taille du rayon de Compton r_c) en raison des effets relativistes expliqués par les effets de disque en rotation d'Einstein. C'est comme augmenter le rayon classique r_e de l'électron avec une loupe à cause des effets relativistes. Nous obtenons maintenant l'Équation (19).

$$r_c = \frac{r_e}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (19)$$

Par définition, le rayon de Compton est donné en fonction de la constante de structure fine α .

$$r_c = \frac{r_e}{\alpha} \quad (20)$$

Nous obtenons l'équation suivante à partir des Équations (19) et (20). Nous comparons la constante de structure fine α au facteur de Lorentz dans une équation relativiste :

$$\alpha = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow v = c\sqrt{(1 + \alpha)(1 - \alpha)} \approx 0,999973c \quad (21)$$

Puisque la valeur de v des Équations (18) et (21) est la même, nous concluons que notre hypothèse peut être vraie.

3.3 Les effets de disque tournant d'Einstein appliqués à notre univers

Nous voulons utiliser une expérience pour confirmer notre hypothèse selon laquelle la vitesse tangentielle de l'univers est la même que celle d'un électron. Avec les effets de disque en rotation d'Einstein, nous pouvons calculer théoriquement la température moyenne T du CMB. Si notre hypothèse est vraie, le résultat de notre calcul aura du sens et devrait se situer autour de ce qui est mesuré par la sonde Cobra avec $T \approx 2,736(17)$ °K. En revanche, si notre hypothèse est fautive, le résultat sera tout autre. Le processus de calcul suivant de la température du CMB a déjà été présenté par le passé (Mercier C., 2019a). Cependant, comme il s'agit d'une étape essentielle dans la démarche proprement dite, nous rappellerons nos principales étapes.

L'univers est comme un corps noir (Alpher R.A. et Herman R.C., 1948). Il absorbe toute l'énergie électromagnétique. L'agitation thermique due à l'absorption provoque l'émission de rayonnement thermique. La surface de la sphère lumineuse de l'univers émet un spectre de rayonnement en fonction de sa température moyenne. Le flux de densité M° (en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) de ce rayonnement peut être déterminé par la loi de Stefan-Boltzmann en fonction de la température de surface T (en °K).

$$M^\circ(T) = \sigma T^4 \quad (22)$$

La constante σ de Stefan-Boltzmann est donnée par l'Équation (23).

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k_b^4}{15h^3 c^2} \approx 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4} \quad (23)$$

Toute la puissance P_u dissipée dans l'univers crée une densité de flux à la surface de l'univers lumineux qui se dissipe sur toute la surface A_u de la sphère. On peut donc calculer la puissance P_u en répartissant l'énergie totale E_u de l'univers sur un temps équivalent à son âge apparent de $T_u = 1/H_0 \approx 13,56$ milliards d'années.

$$M^\circ = \frac{P_u}{A_u} = \frac{E_u}{A_u T_u} = \frac{E_u H_0}{A_u} \quad (24)$$

Avec la relativité restreinte (Einstein A., 1905), Einstein montra qu'une masse m en mouvement pouvait se transformer en énergie pure E_t .

$$E_t = mc^2 \quad (25)$$

La masse apparente de l'univers m_u de l'Équation (6) représente l'énergie totale de notre univers en expansion. Ainsi, nous pouvons remplacer m de l'Équation (25) par la masse apparente de l'univers m_u . Par conséquent, nous

pouvons également remplacer l'énergie E_t de l'Équation (25) par l'énergie totale E_u contenue dans l'univers.

$$E_u = m_u c^2 = \frac{c^5}{GH_0} \quad (26)$$

Nous calculons ensuite la température moyenne T du CMB en utilisant les Équations (6), (22), (23), (24) et (26).

$$T = \frac{1}{k_b} \left(\frac{15h^3 c^7}{2\pi^5 A_u G} \right)^{1/4} \quad (27)$$

L'entropie statistique S a été exprimée en 1877 par Boltzmann (voir Boltzmann L., 1974) comme une fonction Ω représentant les micro-états d'un système macroscopique donné à l'équilibre.

$$S = k_b \ln(\Omega) \quad (28)$$

L'univers matériel se dilate β fois moins vite que l'univers lumineux (Mercier C., 2019a). L'entropie peut être considérée comme une mesure du désordre dans l'univers. Le désordre et l'entropie augmentent au fur et à mesure que l'univers s'étend. La mesure de l'entropie S' en R_u est donnée par l'Équation (29).

$$S' = \frac{S}{\beta} = \frac{k_b \ln(\Omega)}{\beta} = k'_b \ln(\Omega) \quad \text{où} \quad k'_b = \frac{k_b}{\beta} \quad (29)$$

La "constante de Boltzmann" k_b n'est pas constante dans l'univers. Elle n'est valable que localement, à notre position r_u , par rapport au centre de masse de l'univers. L'Équation (27) devient l'Équation (30) lorsqu'un observateur au repos regarde la périphérie de l'univers lumineux. Au bord de l'univers lumineux (c'est-à-dire à $R_u = r_u/\beta$), le paramètre de Boltzmann k_b devient k'_b comme indiqué dans l'Équation (29).

$$T = \frac{1}{k'_b} \left(\frac{15h^3 c^7}{2\pi^5 A_u G} \right)^{1/4} = \frac{\beta}{k_b} \left(\frac{15h^3 c^7}{2\pi^5 A_u G} \right)^{1/4} \quad (30)$$

Pour un univers statique (ce qui est faux), l'aire A_u de la surface de la sphère de l'univers lumineux est l'Équation (31).

$$A_u = 4\pi R_u^2 \quad (\text{Univers statique}) \quad (31)$$

Supposer un univers statique (ce qui est faux) en utilisant l'Équation (31) dans l'Équation (30) conduit à une température moyenne du CMB de $T \approx 32$ °K (ce qui est également faux). Comme la sonde Cobra a mesuré $T \approx 2,736$ (17) °K, il devient évident que l'univers ne peut pas être statique. Dans un univers statique, le volume est beaucoup plus petit que dans un univers en rotation. Il est trop petit pour permettre une dissipation d'énergie suffisante pour obtenir quoi que ce soit autour de 2,73 °K.

Selon Einstein, en raison des effets relativistes montrés dans l'Équation (16), un disque en rotation semble avoir une circonférence plus grande qu'un disque statique (Einstein A., 1912).

Comme nous l'avons mentionné précédemment, nous émettons l'hypothèse que l'univers tourne sur lui-même. D'autres scientifiques (Hawking S., 1969 et Fennelly A.J., 1976) ont fait la même hypothèse.

On pourrait objecter qu'un observateur a besoin d'une référence au repos autour de lui pour savoir s'il tourne ou non. Nous pourrions considérer que l'univers est dans cette situation puisque nous ne voyons aucune référence en dehors de l'univers. Nous pensons que cette objection est complètement erronée. L'observateur peut toujours s'utiliser comme référence. Par exemple, prenons un patineur qui tourne sur lui-même. Même s'il ferme les yeux pour annuler tout sens de référence, le simple fait qu'il se tourne sur lui-même lui fera ressentir l'effet de la force centrifuge (qui est une fausse force qui s'explique par le fait que chaque particule du corps essaie d'aller en ligne droite).

Comme mentionné précédemment, nous émettons également l'hypothèse que la vitesse tangentielle de rotation de l'univers pour un rayon R_u est la même que la vitesse tangentielle du spin de l'électron pour son rayon classique r_e , ce qui implique que le facteur de Lorentz peut être remplacé par la constante de structure fine α . Si nous appliquons les Équations (16) et (21) au rayon apparent R_u de courbure de l'univers, un observateur au

repos qui regarde la circonférence qui devient plus grande à cause de l'effet relativiste conclurait que le rayon de notre univers est R'_u .

$$R'_u = R_u / \alpha \quad (\text{Univers en rotation}) \quad (32)$$

L'Équation (33) est ensuite utilisée pour évaluer l'aire A_u de la surface extérieure de la sphère de notre univers à partir des Équations (31) et (32).

$$A_u = 4\pi R_u^2 / \alpha^2 \quad (\text{Univers en rotation}) \quad (33)$$

Avec les Équations (3), (32) et (33), nous modifions l'Équation (30) pour obtenir l'Équation (34).

$$T = \frac{\beta}{k_b} \left(\frac{15\alpha^2 h^3 c^5 H_0^2}{8\pi^6 G} \right)^{1/4} = \frac{\beta}{k_b} \left(\frac{15m_e \beta^2 h^3 c^5 \alpha^{20}}{8\pi^6 r_e^2} \right)^{1/4} \approx 2,7367958(16) \text{ } ^\circ\text{K} \quad (34)$$

Cette température est précisément celle qui a été mesurée par la sonde Cobra avec $2.736(17) \text{ } ^\circ\text{K}$. Par conséquent, cela confirme notre hypothèse selon laquelle la vitesse tangentielle de l'univers est la même que pour un électron.

3.4 Calcul du moment d'apparition de la lumière

Nous allons calculer le moment où les premiers photons sont apparus dans l'univers.

Si l'on suppose que l'univers a commencé à émettre des photons à partir du Big bang (ce qui n'est pas le cas), l'univers lumineux aurait un rayon égal à R_u . Cependant, nous savons que cela ne peut pas être le cas. En effet, lors du Big bang, la densité de l'univers était trop élevée pour permettre la formation d'atomes. Donc, pour que les premiers photons soient émis, il a fallu attendre que l'univers subisse un minimum d'expansion, se refroidisse un peu, et laisse suffisamment d'espace libre entre les particules pour former des atomes avec leur noyau composé de neutrons et de protons avec des électrons sur les orbitales. Les électrons pourraient alors émettre les premiers photons en changeant d'orbitale.

Ce retard dans la formation des photons signifie que l'univers lumineux a un rayon légèrement inférieur à R_u , ce qui signifie également que l'univers lumineux ne peut pas être en rotation avec une vitesse tangentielle égale à c mais plutôt avec une vitesse tangentielle légèrement inférieure.

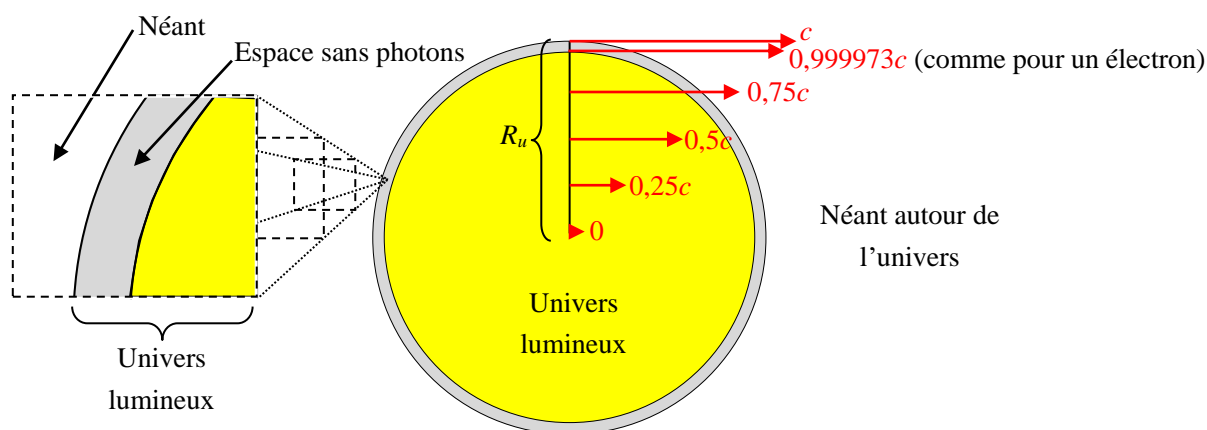


Figure 1. Vecteur de la vitesse tangentielle (en rouge) augmentant de 0 à c en fonction du rayon

Or, l'expansion radiale (parallèle au rayon) de l'univers lumineux se produit à une vitesse de la lumière c .

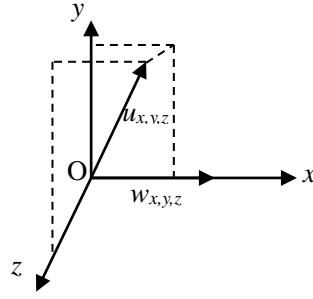


Figure 2. Lorsque deux vecteurs vitesse sont additionnées, il est toujours possible de choisir un système de coordonnées pour aligner le vecteur $w_{x,y,z}$ sur l'axe des x . Ensuite, le vecteur $u_{x,y,z}$ peut pointer n'importe où ailleurs.

Montrons tout d'abord comment faire une sommation relativiste de deux vecteurs vitesse $u_{x,y,z}$ et $w_{x,y,z}$. Pour simplifier le problème, on choisit un référentiel pour exprimer le vecteur vitesse $w_{x,y,z}$ tel que $w_y = 0$ et $w_z = 0$. Il faut faire les rotations et translations nécessaires pour superposer le vecteur $w_{x,y,z}$ avec l'axe des x . Cependant, il est toujours possible de le faire.

Les trois équations suivantes donnent le vecteur $v_{x,y,z}$.

$$v_x = \frac{u_x + w_x}{1 + \frac{u_x \cdot w_x}{c^2}} \quad v_y = \frac{u_y \sqrt{1 - \left(\frac{w_x}{c}\right)^2}}{1 + \frac{u_x \cdot w_x}{c^2}} \quad v_z = \frac{u_z \sqrt{1 - \left(\frac{w_x}{c}\right)^2}}{1 + \frac{u_x \cdot w_x}{c^2}} \quad (35)$$

Supposons maintenant que nous analysons simultanément l'expansion et la rotation de l'univers localement. Considérons le cas où le rayon de l'univers lumineux se dilate à la vitesse de la lumière c sur l'axe y , c'est-à-dire $u_x = 0$, $u_y = c$ et $u_z = 0$. Supposons aussi que, arbitrairement, l'univers est tournant également sur l'axe x avec une vitesse tangentielle w_x avec $w_y = 0$ et $w_z = 0$ (comme expliqué ci-dessus).

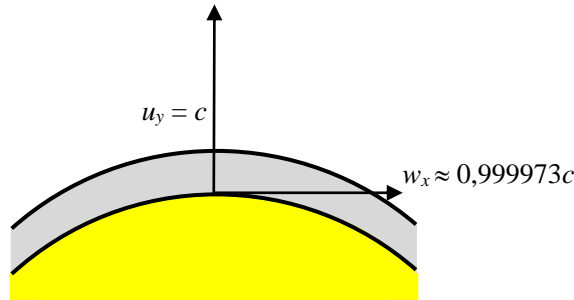


Figure 3. Le rayon de courbure R_u de l'univers apparent augmente à la vitesse de la lumière $u_y = c$, et la vitesse de rotation tangentielle de l'univers est w_x .

Appliquons ces nouvelles données aux Équations (35). Les équations se simplifient pour obtenir :

$$v_x = w_x \quad v_y = \sqrt{c^2 - w_x^2} \quad v_z = 0 \quad (36)$$

Si on calcule le module $|v_{x,y,z}|$ du vecteur résultant AB, on obtient :

$$|v_{x,y,z}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = c \quad (37)$$

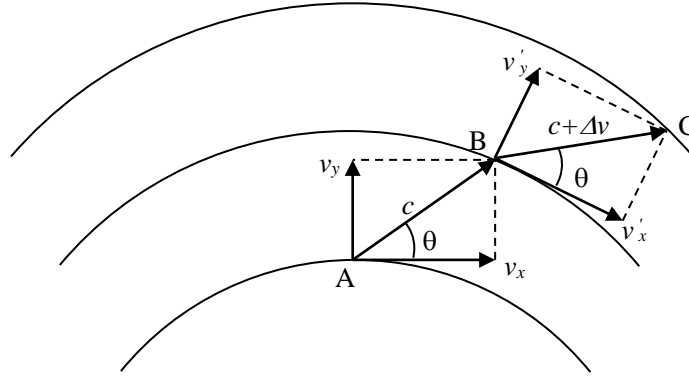


Figure 4. Pendant ce temps, le rayon R_u de l'univers augmente à la vitesse de la lumière, la lumière accélère et le faisceau lumineux se plie à cause de la rotation de l'univers

Nous remarquons qu'une sommation relativiste de deux vecteurs vitesse, dont l'un est arbitraire et l'autre est la vitesse de la lumière, donne un vecteur vitesse résultant qui se déplace à la vitesse de la lumière c (pour l'instant) avec une direction influencée par le vecteur vitesse le plus lent. Il faut garder à l'esprit que la vitesse de la lumière v_L augmente avec le temps et tendra vers k dans un futur très lointain (lorsque $R_u \rightarrow \infty$). L'expansion de l'univers réduit sa densité et son indice de réfraction n (voir Équation (2)).

La vitesse d'expansion réelle de la sphère de l'univers est à la vitesse de la lumière c . Mais comme la sphère tourne aussi à la vitesse v_x , le point A se déplacera vers le point B après un temps égal au temps de Planck t_p . La lumière accélérera un peu à chaque variation supplémentaire du temps de Planck et augmentera d'une valeur Δv . Le même processus se poursuivra jusqu'au point C, et ainsi de suite.

A l'aide de l'Équation (9) (car nous sommes à la périphérie de l'univers lumineux), évaluons la valeur de Δv . Le temps de Planck est $t_p \approx 5,39 \times 10^{-44}$ s représente un quantum de temps.

$$\Delta v = a_L t_p = c H_0 t_p \approx 3,78 \times 10^{-53} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (38)$$

Si nous suivons la progression dans le temps et dans l'espace d'un point donné situé à la périphérie de l'univers lumineux, nous constaterons qu'il se déplacera en effectuant une rotation croissante. Cette rotation augmentera en raison de l'angle θ .

Regardons le sinus de l'angle θ . Dans la figure C, nous constatons que :

$$c \cdot \sin \theta = v_y = \sqrt{c^2 - v_x^2} = c \sqrt{1 - \frac{v_x^2}{c^2}} \quad (39)$$

À partir de l'Équation (39), nous isolons $\sin \theta$:

$$\sin \theta = \sqrt{1 - \frac{v_x^2}{c^2}} \quad (40)$$

Au début de cet article, nous avons comparé l'univers à un électron qui tourne sur lui-même et avons supposé que la constante de structure fine α était exactement égale au facteur de Lorentz pour une vitesse de rotation tangentielle v_x :

$$\alpha = \sqrt{1 - \frac{v_x^2}{c^2}} \quad (41)$$

En utilisant les Équations (40) et (41), nous trouvons que :

$$\sin \theta = \alpha \quad (42)$$

En isolant la vitesse v_x de l'Équation (41), on obtient :

$$v_x = c\sqrt{1-\alpha^2} \approx 0,999973c \quad (43)$$

L'Équation (43) signifie que la périphérie de l'univers lumineux tourne avec une vitesse tangentielle très proche de la vitesse de la lumière sans être précisément la vitesse de la lumière.

On pourrait aussi calculer cette vitesse en utilisant l'accélération de la lumière a_L à la périphérie de l'univers lumineux. En effet, la vitesse v_x est égale à la vitesse de la lumière moins l'accélération qu'elle a subie pendant un temps Δt . Il faut utiliser l'Équation (9) pour déterminer l'accélération a_L à la périphérie de l'univers lumineux :

$$v_x = c - a_L \Delta t = c(1 - H_0 \Delta t) \quad (44)$$

Égalons les Équations (43) et (44) pour obtenir :

$$\sqrt{1-\alpha^2} = 1 - H_0 \Delta t \quad (45)$$

Isolons la valeur de temps Δt . Ensuite, en utilisant l'Équation (13), déterminons Δt .

$$\Delta t = \frac{1 - \sqrt{1-\alpha^2}}{H_0} = r_e \left(\frac{1 - \sqrt{1-\alpha^2}}{c\alpha^{19}\beta^{1/2}} \right) \approx 361\,108 \text{ ans} \quad (46)$$

Cette équation signifie que si nous remontons dans le passé, au début de l'expansion de l'univers, il a fallu environ 361 108 ans (de notre temps présent) pour que les premiers photons de lumière soient émis. Notre résultat est approximativement égal aux ~360 000 ans (Jenkins A., Villard R. et Riess A. 2018) et aux ~380 000 ans (Turner M.S., 2009).

L'âge apparent de l'univers $T_u = 1/H_0$. En utilisant la Figure 1, nous notons que la vitesse tangentielle de l'univers lumineux est une fraction $(T_u - \Delta t)/T_u$ de la vitesse de la lumière c (comme nous l'avons fait dans l'Équation (18)). Ensuite, si nous forçons cette vitesse correspondante à être égale à la vitesse tangentielle d'un électron, nous obtenons l'Équation (47).

$$c \left(\frac{T_u - \Delta t}{T_u} \right) = c \left(\frac{\frac{1}{H_0} - \Delta t}{\frac{1}{H_0}} \right) = c\sqrt{1-\alpha^2} \approx 0,999973c \quad (47)$$

Si nous isolons Δt de l'Équation (47), nous obtenons le même résultat que l'Équation (46). En utilisant l'Équation (13), nous pouvons trouver une bonne approximation de l'Équation (46) avec l'équation suivante :

$$\Delta t = \frac{1 - \sqrt{1-\alpha^2}}{H_0} \approx \frac{1 - \left(1 - \frac{\alpha^2}{2}\right)}{H_0} \approx \frac{\alpha^2}{2H_0} \approx 361\,103 \text{ années} \quad (48)$$

Nous savons maintenant que l'univers est en expansion et que cette expansion est la principale cause de l'accélération de la lumière dans le temps. Le calcul du rayon apparent de l'univers lumineux donne R_u . Or, cette valeur donne le rayon apparent de l'univers si l'émission de photons avait commencé au début du Big bang. Pour un rayon R_u , la vitesse tangentielle serait précisément la vitesse de la lumière c . Mais comme il y a un retard dans l'émission des photons, le rayon apparent de l'univers où il y a présence de photons est légèrement inférieur à R_u et la vitesse tangentielle de rotation est inférieure à la vitesse de la lumière, soit environ $0,999973 \cdot c$, ce qui est la vitesse de rotation tangentielle d'un électron.

Hypothétiquement, s'il y avait eu émission de photons du Big bang, l'univers lumineux aurait été en expansion à la vitesse de la lumière c sur l'axe des y , c'est-à-dire $u_x = 0$, $u_y = c$, et $u_z = 0$, et le l'univers aurait également tourné à la vitesse de la lumière c sur l'axe des x avec une tangentielle $u_x = c$, $u_y = 0$, et $u_z = 0$. Nous aurions alors trouvé que le vecteur résultant de la vitesse aurait été :

$$v_x = c \quad v_y = 0 \quad v_z = 0 \quad (49)$$

Ainsi, sans une constante de structure fine non nulle α , nous aurions un univers en rotation qui n'est pas en

expansion, quelle que soit la valeur du taux d'expansion u_y utilisée. Mais, bien sûr, s'il n'avait jamais été en expansion, un tel univers aurait été de la plus petite dimension existante, c'est-à-dire de rayon apparent égal à la longueur de Planck L_p . Ce résultat peut sembler très bizarre, mais c'est un effet relativiste.

Dans le temps, les variations de dimensions sont infinitésimales car les particules tournent sur elles-mêmes avec une vitesse angulaire si grande que leur rayon apparent est de très petite valeur. La vitesse de la lumière, qui sert d'étalon, augmente également avec le temps. Par conséquent, toutes les longueurs d'onde et dimensions (le mètre, la seconde et le kilogramme) changent également avec le temps. Comme l'univers, les particules tournent avec une vitesse tangentielle proche de la lumière. Cependant, dans toutes les proportions, l'angle θ et la vitesse v_y de ces particules sont beaucoup plus petits. Cela explique pourquoi l'expansion des particules élémentaires au fil du temps se produit à un rythme plus lent que pour l'univers. En effet, l'univers se dilate car dans l'infiniment petit, tous les constituants de l'univers se dilatent à un rythme proportionnel à leur taille relative par rapport à l'univers. C'est un peu comme lorsqu'une éponge qui a été écrasée se détend lentement. La taille totale de l'éponge est directement liée à la taille des bulles qui la constituent.

4. Résultats et discussion

Comme le pensait Lemaître en 1931, dans notre modèle d'univers (Mercier C., 2019a), il a commencé par un atome primitif ponctuel très dense qui s'étend radialement au Big Bang. Au début, il était si dense qu'il n'était pas possible de distinguer aucune particule, ni aucun photon. Tout semblait fusionné et l'univers était sombre. Cependant, après un certain temps, l'univers avait pris suffisamment d'expansion pour permettre l'existence des premiers atomes tels que nous les connaissons aujourd'hui. Les électrons pouvaient changer de niveau d'énergie et émettre les premiers photons à partir de ce moment. Et la lumière fut. Selon nos calculs, nous avons constaté que la lumière est apparue ~361 108 ans après le Big Bang. Même si ce résultat est trouvé en utilisant un modèle différent de celui que les cosmologistes utilisent habituellement, notre résultat est à peu près le même que celui de ~360 000 ans (Jenkins A., Villard R., et Riess A., 2018) et ~380 000 ans (Turner M.S., 2009).

Lorsque la lumière est apparue, l'univers lumineux a commencé à s'étendre à la vitesse de la lumière. Cependant, la vitesse de la lumière n'a jamais été constante tout au long de l'histoire de l'univers. Einstein et Schwarzschild ont montré que la présence d'une masse réduit la vitesse de la lumière. Au fur et à mesure que l'univers s'étend, l'univers s'éloigne de son centre de masse et sa densité diminue. Par conséquent, l'expansion de l'univers permet une légère accélération de la lumière indétectable dans le temps. Ici, à notre emplacement, il faudra environ 35,6 ans avant que la vitesse de la lumière change de 1 m/s. Or, aux confins de l'univers lumineux, la vitesse de la lumière augmente d'environ 1 m/s tous les 45,3 ans.

L'univers lumineux peut être associé à une grande sphère remplie de photons de différentes longueurs d'onde dans notre modèle. Comme la matière ne peut pas voyager aussi vite que la lumière, elle a créé une seconde sphère (l'univers matériel) imbriquée dans la première. Ce modèle nous mène à découvrir une nouvelle constante appelée $\beta \approx 0,76$, qui représente le rapport entre la vitesse d'expansion de l'univers matériel par rapport à l'univers lumineux.

Depuis 1983, le BIPM a déclaré que la vitesse de la lumière est constante à des fins de métrologie. Même en utilisant des lasers pour sa mesure, la variation de la vitesse de la lumière est indétectable. Par conséquent, revendiquer sa constance paraissait logique. Alors que nous essayons de référencer toutes les unités principales à la vitesse de la lumière, l'impact de ce choix est de forcer la plupart des paramètres de l'univers à devenir constants. Néanmoins, même si ce choix était excellent dans un but de métrologie, cela ne signifie pas qu'il représente correctement la réalité. Forcer la vitesse de la lumière à être constante peut augmenter la difficulté à expliquer certains phénomènes. Comme décrit dans notre document, le paramètre de structure fine est vraiment constant pour de bonnes raisons. C'est un rapport, et tout changement à son numérateur sera annulé par le même changement au dénominateur. En raison de la relativité du phénomène de mouvement, si nous forçons la vitesse de la lumière à être constante, le paramètre de structure fine semble inconstant. Nous avons vu que la constance du paramètre de structure fine dépend de notre choix concernant la constance de la célérité de la lumière. Par conséquent, nous avons considéré que la vitesse de la lumière n'était pas constante, ce qui a pour effet de faire apparaître le paramètre de structure fine comme étant constant.

Lorsque l'univers était une sphère compacte de matière, tout mouvement de rotation donnait aux particules à sa surface la même vitesse de rotation tangentielle. Par conséquent, nous avons émis l'hypothèse que l'univers tourne sur lui-même à une vitesse tangentielle relativiste qui devrait être la même que celle de l'électron. Selon la théorie du disque en rotation d'Einstein, un disque au repos a une circonférence de $2\pi r$ (où r est le rayon), mais lorsque le disque tourne à une vitesse tangentielle relativiste (ce qui implique de diviser la circonférence par le

facteur de Lorentz), la circonférence augmente. Nous avons associé ce facteur de Lorentz à la constante de structure fine α . Ensuite, nous avons trouvé que la vitesse tangentielle de l'univers (et de l'électron) devrait être d'environ $0,999973c$. Compte tenu de ce nombre, nous avons calculé la température du fond cosmologique des micro-ondes. Pour cela, on dit que toute la masse de l'univers est transformée en énergie pure et dissipée dans un volume égal à celui de l'univers. Nous avons fait deux tests : 1) avec un univers statique et 2) avec un univers qui tourne sur l'axe x - y - z avec une vitesse tangentielle de $\sim 0,999973c$. Nous avons trouvé une température de ~ 32 °K pour un univers statique et $\sim 2,7367958(16)$ °K pour un univers en rotation. Comme la sonde Cobra a mesuré une température du CMB de $2,736(17)$ °K, nous pensons que nos différentes hypothèses sont censées :

- 1) L'univers lumineux s'étend à la vitesse de la lumière.
- 2) Notre univers tourne sur lui-même.
- 3) La périphérie de l'univers tourne à la même vitesse tangentielle qu'un électron.
- 4) Notre modèle est constitué d'un "univers matériel" imbriqué dans un "univers lumineux". Cela implique donc de découvrir la constante β utilisée dans de nombreuses équations.

Cet article montre un lien direct entre le moment de la première émission de photons (et la transparence de l'univers) et la constante de structure fine α . En effet, nous pouvons considérer que la première émission de photons est tardive par rapport au début de l'expansion de l'univers. Ce retard fait que l'univers (où il y a une présence de photons) a un rayon apparent légèrement plus petit que R_u de sorte que sa vitesse de rotation tangentielle est légèrement inférieure à celle de la lumière c (nous avons trouvé $\sim 0,999973c$).

Dans les Équations (46) et (48), le lecteur notera que le moment de l'apparition de la lumière est fonction de la constante de structure fine α et de la constante de Hubble H_0 . Sachant qu' α est véritablement une constante qui représente un rapport de deux nombres possédant les mêmes unités, nous en venons à la conclusion que le moment de l'apparition de la lumière varie en fonction de l'âge apparent de l'univers $1/H_0$. Cela pourrait en surprendre plus d'un. Cependant, comme l'unité de la seconde est définie en fonction de la vitesse de la lumière et que la vitesse de la lumière accélère au cours du temps (selon les Équations (8) et (9)), nous constatons que la définition du temps écoulé varie au cours du temps. C'est très contre-intuitif puisque notre esprit cartésien est habitué à penser que la notion du temps ne change pas. Il est cependant plus facile de voir ce résultat comme une « photo dans le temps » de ce que représente ce moment par rapport à l'âge apparent de l'univers.

Trouver précisément le moment de l'apparition de la lumière permet de mettre en évidence un lien direct avec la constante de structure fine. La plupart des physiciens rêvent de trouver une équation géométrique décrivant exactement la constante de structure fine α . Elle est en effet aussi importante que la vitesse de la lumière c pour décrire de nombreuses équations de physique. Cependant, à part le fait que la constante de structure fine représente un rapport de deux nombres avec les mêmes unités, les physiciens n'y connaissent pas grand-chose. Notre article donne d'autres indices puisque nous avons découvert qu'il pourrait également représenter le facteur de Lorentz dans le spin de l'électron. De plus, il peut représenter la relation $\sin \theta$ dans la rotation de l'univers (voir les Équations (40) et (42)).

Puisque la plupart des particules naissent en même temps que la lumière, nous pourrions trouver d'autres liens avec le moment de l'apparition de la lumière dans le futur. Cet article a sans aucun doute mis en évidence quelques nouveaux usages de la constante de structure fine.

Remerciements

Nous tenons à remercier M. Robert Lacroix, ancien professeur de mathématiques et de physique, et M. Gérard Boucher, ingénieur en électricité à la retraite, qui ont énormément contribué à la révision de cet article.

Références

- Jenkins A., Villard R et Riess A (2018). *El Hubble y el Equipo Del Gaia se Unen Para Resolver un Acertijo Cósmico*. Hubblesite. <https://stsci-opo.org/STScI-01EVSQXZ976ZY1QKQX17XJ7P5H.pdf>
- Turner M.S. (2009). *The Universe, Scientific American, Special issue: Understanding origins*. 301(3), 36-43. <https://www.jstor.org/stable/26001524>

- Mercier C. (2019a). *Calculation of the Universal Gravitational Constant, of the Hubble Constant, and of the Average CMB Temperature*. Journal of Modern Physics, 10(6), 641-662. <https://doi.org/10.4236/jmp.2019.106046>
- Hubble E. (1929). *A Relation Between Distance and Radial Velocity Among Extra-Galactic Nebulae*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 15, 168-1973. <https://doi.org/10.1073/pnas.15.3.168>
- Macleod Alasdair (2004). *Evidence for a Universe Expanding at the Speed of Light, University of highlands and islands physics*, Scotland, UK (not published). <https://arxiv.org/abs/physics/0407084>
- Einstein A. (1905). *On the Electrodynamics of Moving Bodies (Zur Elektrodynamik bewegter Körper)*. Annalen der Physik, 322(10), 891-921. <https://doi.org/10.1002/andp.19053221004>
- Mercier C. (2019b). *Calculation of the Mass of the Universe, the Radius of the Universe, the Age of the Universe and the Quantum of Speed*, Journal of Modern Physics. 10(6), 980-1001. <https://doi.org/10.4236/jmp.2019.108065>
- Mercier C. (2020). *Several Ways to Calculate the Universal Gravitational Constant G Theoretically and Cubic Splines to Verify its Measured Value*. Journal of Modern Physics, 11(9), 1428-1465. <https://doi.org/10.4236/jmp.2020.119089>
- Mercier C. (2021). *A New Physics Would Explain What Looks Like an Irreconcilable Tension Between the Values of Hubble Constants and Allows H_0 to be Calculated Theoretically Several Ways*. Journal of Modern Physics, 12, 1656-1707. <https://doi.org/10.4236/jmp.2021.1212098>
- Einstein A. (1912). *The Speed of Light and the Statics of the Gravitational Field (Lichtgeschwindigkeit und Statik des Gravitationsfeldes)*. Annalen der Physik, 347(7), 355-369. <https://doi.org/10.1002/andp.19123430704>
- Hawking S. (1969). *On the Rotation of the Universe*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 142(2), 129-141. <https://doi.org/10.1093/mnras/142.2.129>
- Fennelly A.J. (1976). *Effects of a Rotation of the Universe on the Number Counts of Radio Sources: Gödel's Universe*. The Astrophysical Journal, 207, 693-699. <https://doi.org/10.1086/154537>
- Llewellyn T. (1926). *The Motion of the Spinning Electron*, Nature, 117, 514. <https://doi.org/10.1038/117514a0>
- Mohr P.J., Newell DB, et Taylor BN (2016). *CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants: 2014*. Review of Modern Physics, 88(3). <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.88.035009>
- Kragh H. (2012). *'The Wildest Speculation of All': Lemaître and the Primeval-Atom Universe*. Astrophysics and Space Science Library, 395, 23-38. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32254-9_3
- Kragh H. (2013). *Big Bang: The Etymology of a Name*. Astronomy & Geophysics, 54(2), 2.28–2.30. <https://doi.org/10.1093/astrogeo/att035>
- Einstein A. (1911). *On the Influence of Gravitation on the Propagation of Light (Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes)*. Annalen der Physik, 35, 898-908. <https://doi.org/10.1002/andp.19113401005>
- Einstein A. (1916). *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie*. Annalen der Physik, 49, 769-822. <http://dx.doi.org/10.1002/andp.19163540702>

- Grøn Ø. (2016). *Celebrating the Centenary of the Schwarzschild Solutions*. American Journal of Physics, 84(7), 537. <https://doi.org/10.1119/1.4944031>
- Binney J. et Merrifield M. (1998). *Galactic Astronomy*, Princeton University Press, 816. ISBN: 9780691025650.
- Zichichi A (2000). *From the Planck Length to the Hubble Radius*. Proceedings of the International School of Subnuclear Physics, 36, 708. <https://doi.org/10.1142/4318>
- Bernard J. et Blanc-Lapierre A. (1983). *17e Conférence Générale des Poids et Mesures – Comptes Rendus*. BIPM, France, 1-114. <https://www.bipm.org/en/CGPM/db/17/1/>
- Prestage John D., Tjoelker Robert L. et Maleki Lute (1995). *Atomic Clocks and Variations of the Fine Structure Constant*. Physical Review Letters, 74(18), 3511. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.74.3511>
- Fortier T.M. et al. (2007). *Precision Atomic Spectroscopy for Improved Limits on Variation of the Fine Structure Constant and Local Position Invariance*. Physical Review Letters, 98, 070801.
- Murphy M.T. et al. (2001). *Possible evidence for a variable fine-structure constant from QSO absorption lines: motivations, analysis and results*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 327(4), 1208–1222. <https://doi.org/10.1046/j.1365-8711.2001.04840.x>
- Cingöz A. et al. (2007). *Limit on the Temporal Variation of the Fine-Structure Constant Using Atomic Dysprosium*. Physical Review Letters, 98, 040801. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.040801>
- Dirac P.A.M. (1938). *A New Basis for Cosmology, Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical*. Physical and Engineering Sciences, 165(921), 199-208. <https://doi.org/10.1098/rspa.1938.0053>
- Dirac P.A.M. (1974). *Cosmological Models and the Large Numbers Hypothesis, Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical*. Physical and Engineering Sciences, 338(1615), 439-446. <https://doi.org/10.1098/rspa.1974.0095>
- Taylor B.N., Parker W.H. et Langenberg D.N. (1969). *Determination of e/h , Using Macroscopic Quantum Phase Coherence in Superconductors: Implications for Quantum Electrodynamics and the Fundamental Physical Constants*. Reviews of Modern Physics, 41(3). <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.41.375>
- Soltis J., Casertano S. et Riess A.G. (2021). *The Parallax of ω Centauri Measured from Gaia EDR3 and a Direct, Geometric Calibration of the Tip of the Red Giant Branch and the Hubble Constant*. The Astrophysical Journal Letters, 908(1), L5. <https://doi.org/10.3847/2041-8213/abdbad>
- Martinelli M. et Tutusaus I. (2019). *CMB Tensions with Low-Redshift H_0 and S8 Measurements: Impact of a Redshift-Dependent Type-Ia Supernovae Intrinsic Luminosity*. Symmetry, 11(986), 1-23. <https://doi.org/10.3390/sym11080986>
- Salvatelli V., Marchini A., Lopez-Honorez L. et Mena O. (2013). *New Constraints on Coupled Dark Energy from the Planck Satellite Experiment*. Physical Review D, 88(2), 023531, 9. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.88.023531>
- Carvalho J.C. (1995). *Derivation of the Mass of the Observable Universe*. International Journal of Theoretical Physics, 34(12), 2507-2509. <https://doi.org/10.1007/BF00670782>
- Gush H.P. (1981). *Rocket Measurement of the Submillimeter Cosmic Background Spectrum*. Physical Review Letters, 47(10), 745-748. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.47.745>

- Partridge R.B. (1997). *An Introduction to the Cosmic Microwave Background Radiation, From Quantum Fluctuations to Cosmological Structures Proceedings of the First Moroccan School of Astrophysics*. Casablanca, Morocco, 1-10 December 1996. Edited by D. Valls-Gabaud, M.A. Hendry, P. Molaro and K. Chamcham, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 126. ISBN: 1-886733-46-5, xix + 656 pages, p. 141. Bib code: 1997ASPC..126..141P
- Fixsen D.J. (2009). *The Temperature of the Cosmic Microwave Background*. The Astrophysical Journal Supplement Series, 707(2), 916-920. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/707/2/916>
- Alpher R.A. et Herman R.C. (1948). *Evolution of the Universe*. Nature, 162, 774-775. <https://doi.org/10.1038/162774b0>
- Boltzmann L. (1974). *The Second Law of Thermodynamics*. In: McGuinness B. (eds) *Theoretical Physics and Philosophical Problems*. Vienna Circle Collection, Springer, Dordrecht, 5, 13-22. https://doi.org/10.1007/978-94-010-2091-6_2