

LA VITESSE DE LA LUMIÈRE NE SERAIT PAS CONSTANTE

Par Claude Mercier ing. 8 octobre 2011, rév. 21 mars 2015

E-Mail : claudemercier@cima.ca

Des recherches récentes tendraient à démontrer que la lumière accélère au cours du temps en raison de l'expansion de l'univers. L'effet Pioneer serait une des conséquences de cette accélération.

Sur les bases de la relativité restreinte, Einstein démontrait en 1911, que la présence d'une masse imposante pouvait influencer, à la baisse, la vitesse de la lumière dans le vide. Suite à sa publication sur la relativité générale de 1916, il devait rehausser l'importance de cette influence d'un facteur 2. Depuis, l'influence gravitationnelle sur la lumière est largement démontrée grâce à la découverte des lentilles gravitationnelles.

Il est bien connu que le changement d'indice de réfraction de différents matériaux tel que le verre peut ralentir la vitesse de la lumière. De manière analogue, un champ gravitationnel change l'indice de réfraction du vide et fait ralentir la vitesse de la lumière. La vitesse de la lumière est calculée à partir des équations de Schwarzschild qui sont basées sur la relativité générale.

Un des fondements de la théorie de la relativité d'Einstein est la constance de la vitesse de la lumière dans le vide, hors de toute attraction gravitationnelle. Certains commencent maintenant à mettre en doute ce postulat.

À une époque, il était de mise de croire que l'univers était infiniment grand. Suite aux travaux d'Einstein, l'idée que l'univers puisse avoir des limites a commencé à faire son chemin. La théorie du Big Bang fut énoncée en 1927 par George Lemaître (bien que l'expression en soit fût utilisée pour la première fois en 1950). Selon cette théorie, l'univers aurait commencé à prendre de l'expansion à partir d'un point de singularité infiniment petit. L'univers était à ce moment comme un immense trou noir qui ne laissait échapper aucune lumière. En d'autres mots, la vitesse de la lumière était alors nulle!

Selon la cosmogénèse d'Einstein, l'univers serait en 4 dimensions (la largeur, la hauteur, la profondeur et le temps). Il est facile de visualiser une sphère en 3-D dans l'espace, mais il en est tout autrement d'imaginer une sphère en 4 dimensions.

Nous pourrions imaginer l'univers comme étant deux sphères en expansion imbriquées l'une dans l'autre. La sphère extérieure serait celle de l'expansion de la lumière. Comme la matière voyage moins vite que la lumière, la sphère intérieure serait la sphère d'expansion de la matière. Toutes les galaxies et les astres seraient en fait contenus dans la paroi extérieure de cette dernière sphère. Les sphères seraient majoritairement remplies de vide et la sphère d'expansion de la lumière serait le néant. Il ne faut pas confondre le néant avec le vide. Bien que le vide représente l'absence de matière, il est rempli d'ondes électromagnétiques.

Einstein a démontré l'influence des corps célestes massifs sur la vitesse de la lumière. Alors pourquoi n'en serait-il pas de même avec le corps céleste le plus massif : l'univers lui-même. Il est concevable de penser que l'univers actuel ait une masse astronomiquement grande et que le centre de masse se trouve exactement au centre de la sphère d'expansion de l'univers. Si nous sommes à la surface de la sphère en expansion, le rayon de courbure de l'univers serait la distance qui nous sépare du centre de masse.

En 1929, l'astronome américain Edwin Powell Hubble analysa le décalage vers le rouge du spectre des galaxies qui nous entourent. En utilisant l'effet Doppler, il en vint à la conclusion que les galaxies

s'éloignaient généralement les unes des autres à une vitesse proportionnelle à la distance qui les sépare. Comme ce rapport semblait constant (à notre échelle de temps), il baptisa sa constante H_0 . À l'époque, la valeur de cette constante n'était pas connue avec précision. Au cours des années, plusieurs méthodes ont permis de réduire l'erreur sur cette valeur. Malgré tout ce qu'on peut en dire, sa valeur se situe probablement entre 70,4 et 75,9 km/(s·MParsec). Les méthodes de mesure se confrontent et l'incertitude demeure. Dans notre premier document, nous avons utilisé la dernière valeur provenant du projet de recherche WMAP qui est de 70,4 km/(s·MParsec). Selon des calculs récents que nous avons réalisés, nous l'estimons maintenant à 72,09554868(46) km/(s·MParsec), ce qui est en accord avec la valeur obtenue par Xiaofeng Wang et son équipe qui est de 72,1±0,9 km/(s·MParsec)

La connaissance de la valeur de H_0 mène directement à la connaissance de l'âge de l'univers (qui est d'environ 13,56 milliards d'années). En d'autres mots, à l'aide de H_0 , nous pouvons évaluer notre position relative par rapport au centre de l'univers et obtenir le rayon de courbure de l'univers.

Si nous considérons l'univers comme un immense trou noir, il est possible de calculer un rayon pour lequel la vitesse de la lumière est nulle. C'est ce que nous appelons le rayon de l'horizon. Si l'univers prend de l'expansion et que son rayon devient supérieur à cette valeur, la vitesse de la lumière devient non-nulle. L'univers actuel serait rendu à un stade d'expansion où la vitesse de la lumière dans le vide serait égal à la valeur de $c = 299\,792\,458$ m/s. Mais la vitesse de la lumière n'a pas fini d'augmenter! Lorsque le rayon de l'univers sera infini, la vitesse de la lumière sera différente de c . Nommons cette nouvelle valeur k .

Nous avons démontré que la masse de l'univers a une influence sur la valeur que prendra cette constante k . Si la masse était nulle, la vitesse de la lumière k serait infinie. Mais ce n'est pas le cas car l'univers est vraiment très massif.

Sans rentrer dans les détails des calculs, nous pouvons affirmer qu'il y a un merveilleux équilibre entre la masse apparente de l'univers, son rayon de courbure, sa vitesse d'expansion βc et la vitesse de la lumière ultime k . Lorsque nous devenons conscients de cet équilibre, il est possible de bâtir un système de 4 équations à 4 inconnus et de le résoudre en connaissant les valeurs de c et H_0 actuelles. Quelques résultats de nos recherches sont mentionnés à la fin de ce résumé.

Il s'en suit que l'accélération de la lumière peut être déterminée et serait $a_L \approx 9,17 \times 10^{-10}$ m/s². C'est tellement infime, qu'il n'est pas vraiment possible, pour le moment, de mesurer cette valeur avec les moyens techniques actuels. En effet, cette valeur revient à dire que la vitesse de la lumière augmente de 1 m/s à tous es 34,6 ans.

En 1973, Evenson et quelques autres physiciens ont mesuré, pour la première fois, la vitesse de la lumière grâce à un laser et ont obtenu 299 792 457,4 ± 1,2 m/s. Le Bureau des Poids et Mesures réévalua cette vitesse en 1983 et obtint 299 792 458 ± 1 m/s. Même aujourd'hui, c'est cette même valeur qui est publiée. Nos appareils de mesure ne sont malheureusement pas suffisamment précis pour percevoir l'évolution de la vitesse de la lumière dans le temps et nous n'avons pas un historique suffisamment long de données précises pour certifier hors de tout doute que la vitesse de la lumière est constante ou non. Cependant, grâce aux données de 1973 et de 1983, nous pouvons soupçonner, sans certifier, qu'il y a effectivement une accélération de la lumière.

Seule une expérience menée sur une longue durée (quelques décennies) pourrait permettre de déceler une si petite accélération. Dans notre monde où tout va vite, les expériences menées sur 30 ou 40 ans sont rares... Mais il y en a au moins une! En mars 1972 et en avril 1973, la NASA lançait les sondes Pioneer 10/11 dans l'espace dans le but d'explorer les confins du système solaire. Ces sondes ont été lancées dans deux directions quasiment opposées. Au début des années 1980, la NASA commença à remarquer que les sondes perdaient de la vitesse de manière non-expliquée. Au début, ils analysèrent tous les moyens techniques pour s'assurer que leurs appareils ne faisaient pas défaut. Mais ce fût en vain. Aucun problème technique ne fût trouvé. Les deux sondes réagissaient de manière similaire. Ils ont alors analysé les missions antérieures pour se rendre compte que Galileo et Ulysse ont, elles aussi, subies le même genre de décélération. Ils en vinrent à la conclusion qu'un nouveau phénomène devait se produire. Ils ont baptisé ce phénomène « l'effet Pioneer ». Selon Moffat, les sondes subissaient une accélération $a_p \approx -8,74 \pm 1,33 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$ (dirigée vers le Soleil).

Mais quel est le lien avec l'accélération de la lumière? L'accélération Pioneer serait en fait une illusion d'optique créée par l'accélération de la lumière. Pour faire une métaphore, supposez que vous êtes stationnés dans une automobile. Vous êtes entourés d'autres autos qui sont, elles aussi, stationnées. Vous les soupçonnez d'être immobiles. En regardant par la vitrine du côté, l'automobile voisine devient votre seul point de référence. Si elle se met en mouvement vers l'avant, vous imaginerez que vous reculez...

Il en va de même avec l'effet Pioneer. La NASA utilise l'effet Doppler pour mesurer la vitesse des sondes dans l'espace. Cependant, l'effet Doppler, qui se base sur les postulats de la relativité d'Einstein, prend pour acquis que la vitesse de la lumière est constante. Comme elle ne l'est pas, les observateurs croient à un ralentissement des sondes...

Mais quels sont les impacts d'une telle découverte? Comme la définition de la seconde est indirectement basée sur la constance de la vitesse de la lumière, il s'en suit que les horloges accélèrent de $3,06 \times 10^{-18} \text{ s/s}$. En un million d'années, cela représente à peine 96,5 μs !

Même si l'effet Pioneer n'est qu'illusion, les calculs démontrent que l'amplitude de cette accélération est la même que celle de l'accélération de la lumière. Lorsque les sondes ont été envoyées dans l'espace, les moyens technologiques n'étaient pas ce qu'ils sont maintenant. Si de nouvelles sondes étaient envoyées dans l'espace en refaisant le même trajet que Pioneer 10/11, il serait facile de mesurer précisément l'effet Pioneer et par la même occasion, l'accélération de la lumière. Cela permettrait de déterminer avec précision H_0 et l'âge de l'univers! Grâce aux résultats de notre recherche, nous faisons la prédiction qu'en 2054, la lumière sera 2 m/s plus vite qu'en 1983. Comme cette variation de vitesse sera deux fois supérieure à l'imprécision des mesures actuelles, nous pourrions alors conclure à la véracité de notre hypothèse.

Constantes de physique utilisées dans le cadre de nos recherches		
c	Vitesse de la lumière actuelle dans le vide hors champs gravitationnels	$c \approx 299792458 \text{ m/s}$
G	Constante de gravitation universelle (résultat de nos recherches) donnée en fonction de la constante de structure fine α , du rayon classique de l'électron r_e et de la masse de l'électron m_e .	$G = \frac{c^2 \cdot r_e \cdot \alpha^{20}}{m_e \cdot \beta} \approx 6,67323036(3) \times 10^{-11} \text{ m}^3 / (\text{kg} \cdot \text{s}^2)$
H_0	Constante de Hubble (résultat de nos recherches) donnée en fonction de la constante de structure fine α et du rayon classique de l'électron r_e .	$H_0 = \frac{c \cdot \alpha^{19} \cdot \beta^{1/2}}{r_e} \approx 72,09554868(46) \text{ km}/(\text{s} \cdot \text{MParsec})$
L_p	Longueur de Planck (plus petite unité de longueur mesurable selon le principe d'incertitude d'Heisenberg) donnée en fonction de la constante de structure fine α et du rayon classique de l'électron r_e .	$L_p = \sqrt{\frac{h \cdot G}{2 \cdot \pi \cdot c^3}} = r_e \cdot \sqrt{\frac{\alpha^{19}}{\beta}} \approx 1,616125436(53) \times 10^{-35} \text{ m}$
m_p	Masse de Planck (masse équivalente au niveau d'énergie théorique le plus élevé d'une particule) donnée en fonction de la constante de structure fine α et du rayon classique de l'électron r_e .	$m_p = \sqrt{\frac{h \cdot c}{2 \cdot \pi \cdot G}} = m_e \cdot \sqrt{\frac{\beta}{\alpha^{21}}} \approx 2,17660867(10) \times 10^{-8} \text{ kg}$
a_p	Accélération Pioneer selon Brownstein et Moffat	$a_p \approx -8,74 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$ (marge d'erreur de $\pm 1,33$)
v_L	Vitesse de la lumière en fonction d'une distance r d'une masse m dans un environnement où la vitesse c est la limite (selon l'équation de Schwarzschild basée sur la relativité générale)	$v_L = \frac{c}{n}$ où l'indice de réfraction $n = \sqrt{\frac{1+y}{1-y}}$ et $y = \frac{2 \cdot G \cdot m}{c^2 \cdot r}$
β	Rapport entre la vitesse d'expansion de la matière versus celle de la lumière, dans l'univers	$\beta = 3 - \sqrt{5} \approx 0,76$
k	Vitesse ultime de la lumière lorsque le rayon de courbure tend vers l'infini	$k = c \cdot \sqrt{2 + \sqrt{5}} \approx 2 \cdot c \approx 6 \times 10^8 \text{ m/s}$
R_u	Rayon de courbure de l'univers donnée en fonction de la constante de structure fine α et du rayon classique de l'électron r_e	$R_u = \frac{c}{H_0} = \frac{r_e}{\beta^{1/2} \cdot \alpha^{19}} \approx 1,2831078806(68) \times 10^{26} \text{ m}$
m_u	Masse apparente de l'univers (résultat de nos recherches) donnée en fonction de la constante de structure fine α et de la masse de l'électron m_e	$m_u = \frac{c^3}{G \cdot H_0} = \frac{m_e \cdot \beta^{1/2}}{\alpha^{39}} \approx 1,72809823(8) \times 10^{53} \text{ kg}$
a_L	Accélération de la lumière dans l'univers (résultat de nos recherches)	$a_L = -a_p = \frac{c \cdot H_0}{\beta} \approx 9,17 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$
a_m	Accélération de la matière dans l'univers (résultat de nos recherches)	$a_m = c \cdot H_0 \approx 7,00 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$