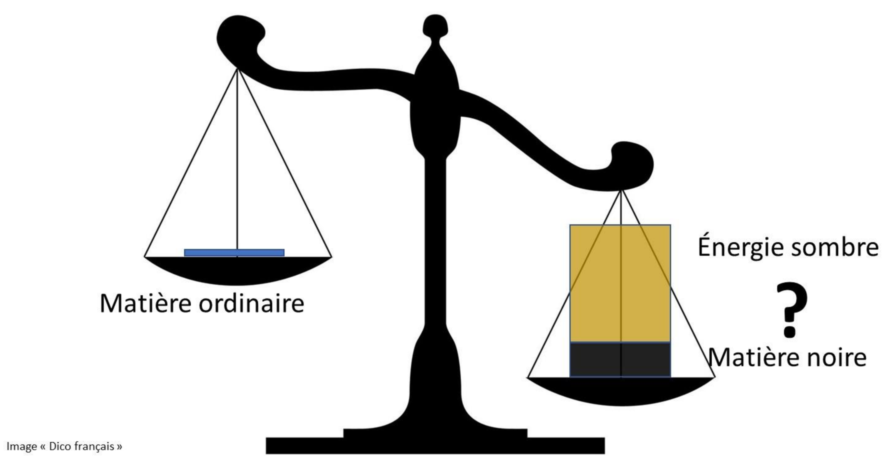
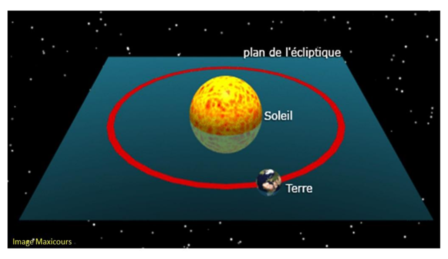
Où sont passés les 95% de la matière et de l'énergie de l'univers ?

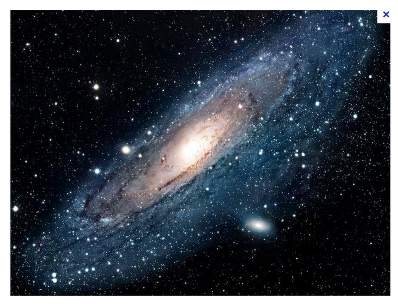
Bernard Guy (*)



Il nous manque de la matière !



On pèse le soleil en regardant les vitesses des planètes en fonction de leurs distances. De même pour les étoiles dans les galaxies spirales : mais leurs vitesses sont trop grandes par rapport à la masse estimée de la galaxie



Masses manquantes? **Dans l'univers, les masses distantes sont évaluées par leurs vitesses**

Et les vitesses? **Les vitesses des étoiles et des galaxies sont évaluées en comparaison d'une vitesse étalon, celle de la lumière dans le vide c_0**

Traduites en termes de masses, *ces vitesses sont trop élevées* par rapport à ce qu'on attend: - soit il y a des *masses cachées*, - soit *la méthode de calcul des vitesses est à revoir*

Et si, à l'échelle cosmologique, la lumière allait moins vite d'un facteur α ?

Nous proposons que la vitesse de la lumière qui nous parvient des objets lointains est plus petite que la vitesse locale dans le vide c_0

On mesure les vitesses v (appelons $v_{'m'}$ les vitesses mesurées) dans leur rapport à une vitesse c prise comme étalon (c'est aujourd'hui la vitesse de la lumière dans le vide, soit $c = c_0$). Cela est particulièrement vrai en cosmologie. Seul le rapport mesuré $r = v_{'m'}/c_0$ a un sens (démarche « relationnelle »). Aussi, pour un même rapport, si la vitesse $v_{'m'}$ d'un objet lointain nous paraît trop forte par rapport à ce que nous connaissons dans notre physique « locale » où nous attendrions v_a (comme vitesse attendue), on peut imaginer que l'information nous en arrive à une vitesse moindre que c_0, soit c_c (c comme « cosmologique ») pourvu que le rapport r soit conservé selon

$$r = \frac{v_{'m'}}{c_0} = \frac{v_a}{c_c} \quad \text{où} \quad v_a = \frac{1}{\alpha} v_{'m'} \quad \text{avec} \quad \alpha = \frac{c_0}{c_c}$$

où l'on fait apparaître un facteur α (qui aura valeur d'indice optique que l'on chercher à prévoir indépendamment)

Facteur α = vitesse mesurée / vitesse attendue

Le facteur α explique tout !?

En moyenne, la valeur α ≈ 2,4 rend compte des écarts de vitesse observés pour les objets célestes ; son carré $\alpha^2 \approx 6$ donne le rapport de la matière noire à la matière baryonique (ou ordinaire), sa puissance 4, c'est-à-dire $\alpha^4 \approx 36$, le rapport de l'énergie sombre à la matière ordinaire.

Comment rendre compte du facteur α par un indice optique ?

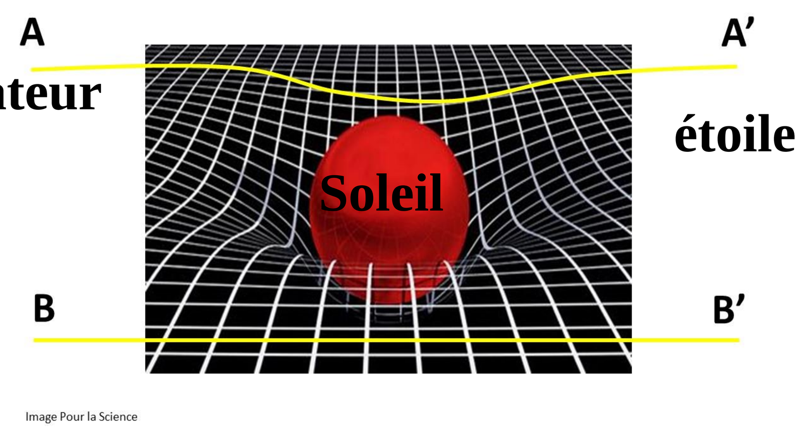
On peut comparer à la propagation de la lumière dans l'eau à une vitesse moins rapide que dans le vide. Le photon de lumière va toujours à la vitesse maximale entre les atomes de l'eau mais les interactions qu'il a avec eux (déviations, retards par excitation / désexcitation) rallongent le temps global de traversée

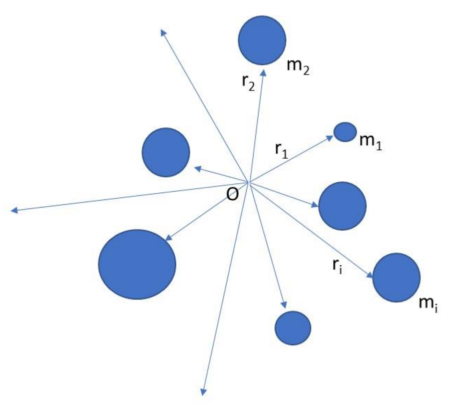
En optique, un indice est le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et la vitesse dans le milieu traversé

Indice cosmologique n_c = vitesse de la lumière dans le vide 'local'/ vitesse lumière dans l'univers dans son ensemble

A l'échelle cosmologique, l'effet est d'origine gravitationnelle et peut être compris dans le cadre de la relativité générale.

A l'échelle « locale » par exemple du système solaire, la lumière qui nous arrive d'une étoile lointaine qui passerait à proximité du soleil est déviée par lui. La distance est AA' est plus longue que la distance BB' d'un trajet direct. Tout se passe comme si la lumière faisait le trajet qui serait direct à une vitesse moindre. A l'échelle cosmologique, infiniment plus grande que les dimensions du système solaire, les effets précédents se rajoutent et, au total, le trajet effectif de la lumière depuis un objet lointain est plus long que le trajet droit que nous semblons voir nous y reliant.





On peut faire un calcul rigoureux de l'indice optique cosmologique

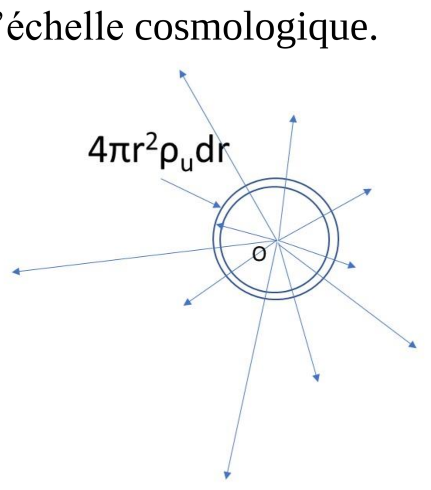
en utilisant la métrique de Schwarzchild. En relativité générale, une métrique exprime comment les relations entre les petites mesures de l'espace et du temps sont modifiées lorsqu'il y a des masses par rapport à leurs valeurs sans masses. On établit que

$$\boxed{n_c = \left(1 - \frac{4\pi\rho_u G R_u^2}{c^2}\right)^{-1}}$$

Où ρ_u est une densité moyenne de la matière ordinaire à l'échelle de l'univers et R_u une « taille » de cet univers.

De façon remarquable, on obtient une gamme d'indices recouvrant la valeur 2,4 pour un jeu (densité, à compter en 10^{-27} kg/m^3 ; "rayon" de l'univers à compter en dizaines de milliards d'années-lumière) dans une fourchette admise aujourd'hui. Par exemple $n_c = 2,4$ pour $\rho_u = 6,4\ 10^{-27}$ kg/m^3 et $R_u = 33\ 10^9$ a.l.

En haut, une distribution discrète des masses. En bas, une distribution continue que l'on a utilisée dans l'intégration de la métrique de Scharzchild, équivalente à l'échelle cosmologique.



On voit que l'on peut assurer $n_c \approx \alpha$. La matière noire et l'énergie sombre sont les noms des corrections pour compenser l'erreur commise en gardant pour la vitesse de la lumière aux échelles cosmologiques sa valeur « habituelle » dans le vide

Conclusion: on n'a pas besoin de matière noire et d'énergie sombre

Le prix à payer d'un univers clair, débarrassé de sa matière noire et son énergie sombre est celui d'un rallongement de son âge d'un facteur α (on atteindrait 33 milliards d'années)

Un univers clair, mais plus vieux ?

Cette première approche ne devrait pas compromettre les différentes étapes de l'histoire de l'univers, sachant qu'il y a toujours des circularités entre les modèles et les observations ; peut-on penser qu'elles fonctionnent mieux avec c_c qu'avec c_0 ? Pour avancer dans cette voie, il conviendra de réexaminer les scenarii, mesures et hypothèses, régulant la variation du facteur d'échelle a(t) de l'expansion de l'univers en fonction du temps.

Références Guy B. (2022) Révision du statut de la « vitesse de la lumière » et examen de quelques problèmes cosmologiques <hal-03860051>. Uzan J.-Ph. et Lehoucq R. (2005) *Les constantes fondamentales*, Belin, Paris. Guy B. (2011) Penser ensemble le temps et l'espace, *Philosophia Scientiae*, 15, 3. Guy B. (2019) *ESPACE = TEMPS. Dialogue sur le système du monde*, Paris : PENTA Editions. Guy B. (2022) La pensée complexe du temps, The Conversation, France, 19 juillet. Poincaré H. (1902) La science et l'hypothèse, Flammarion. Poincaré H. (1905) La valeur de la science, Flammarion. McGaugh S.S. (2014) The third law of galactic rotation, *Galaxies*, doi: 10.3390, 23 p. McGaugh S.S., Lelli F. & Schombert J.M. (2016) The radial acceleration relation in rotationally supported galaxies, *arXiv*: 1609.05917v1. Aubert D. (2019) Cosmologie physique, Ellipses.

Remerciements: Ph. Coueignoux, G. Paturel, E. Touboul.

(*) Mines Saint-Etienne, Institut Mines Télécom, guy@emse.fr

Congrès général de la Société française de physique, Paris, juillet 2023