

# Le modèle cosmologique Janus rend compte des récentes observations des supernovae de type Ia

D'Agostini G. and Petit J.P.  
( 3 juin 2018 )

A partir de la solution exacte des équations du Modèle Cosmologique Janus on construit la relation magnitude Redshift. On obtient un excellent accord entre les prédictions de ce modèle à un paramètre et les données issues de 740 supernovae

PACS numbers: 98-80.Ed, 04-20.Cv, 04-50.Kd, 04-80.Cc

## INTRODUCTION

La cosmologie moderne est confrontée à une masse de données observationnelles. Parmi celles-ci on trouve celles qui se réfèrent à l'accélération de l'expansion cosmique(1-3). Les scientifiques sont alors face à deux choix :

- Ou ils confinent leur interprétation des phénomènes dans le contexte géométrique issu de l'équations de champ d'Einstein, en y incluant la constante cosmologie  $\Lambda$ . Le prix à payer est de devoir introduire une énergie noire, dont la nature est alors totalement inconnue. En outre leur modèle implique six paramètres libres, ce qui confère un caractère ad hoc au modèle.

- Ou ils envisagent un changement drastique du paradigme géométrique, qui opère alors une extension de la Relativité Générale. Ce modèle fait apparaître des particules de masse et d'énergie négatives, dont la nature peut être déterminée par la théorie des groupes dynamiques. Ces particules s'avèrent n'être que de simples copies des particules et antiparticules classiques, avec une masse négative. En outre un tel modèle, inspiré par les idées d'Andrei Sakharov, explique la non observation d'antimatière primordiale.

## - DE LA NECESSITE D'UN NOUVEAU CONTEXTE GEOMETRIQUE

Le modèle cosmologique, ou JCM, est basé sur l'introduction d'éléments de masse et d'énergie négatives. En 1957 Hermann Bondi, ce qui a été par la suite confirmé par William Bonnor, a montré que l'introduction de masses négatives dans la Relativité Générale s'accompagnait d'un effet runaway ingérable. C'est effet découle de la façon habituelle où considère les particules, placées dans un champ gravitationnel. Nous considérons que celles-ci suivent les mêmes chemins géodésiques, que leurs masses soient positives ou négatives. Ainsi, selon l'équation d'Einstein :

- Une masse positive attire toute autre masse, que celle-ci soit positive ou négative.
- Une masse négative repousse toute autre masse, que celle-ci soit positive ou négative.

Ainsi, si par exemple nous considérons un couple de masses de signes opposés, la masse positive va s'enfuir, poursuivie par la masse négative. Toutes deux subissent une accélération uniforme, et cela en conservant l'énergie, puisque la masse négative charrie une énergie négative. Cette propriété ingérable a banni le concept de masse négative pendant soixante ans. Mais cet effet disparaît si on considère que les masses positives et négatives suivent des systèmes de géodésiques différents, qui dérivent alors des deux tenseurs métriques  $g_{\mu\nu}^{(+)}$  et  $g_{\mu\nu}^{(-)}$ . Ces deux métriques deviennent alors solutions du système d'équations de champ couplées du modèle Janus, d'où émerge la solution exacte, sujet du présent article. Voir l'article de Sabine Hossenfelder pour sa dérivation Lagrangienne d'un système d'équations couplées.

$$\begin{aligned} R_{\mu\nu}^{(+)} - \frac{1}{2} R^{(+)} g_{\mu\nu}^{(+)} &= +\chi \left( T_{\mu\nu}^{(+)} + \frac{a^{(-)3}}{a^{(+ )3}} T_{\mu\nu}^{(-)} \right) \\ R_{\mu\nu}^{(-)} - \frac{1}{2} R^{(-)} g_{\mu\nu}^{(-)} &= -\chi \left( T_{\mu\nu}^{(-)} + \frac{a^{(+ )3}}{a^{(-)3}} T_{\mu\nu}^{(+)} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

Le schéma d'interaction correspondant est donc le suivant. Les masses positives s'attirent mutuellement selon la loi de Newton

- Les masses négatives s'attirent également selon la loi de Newton
- Les masses de signes opposés se repoussent selon Anti-Newton

Ces lois d'interaction satisfont le principe-d'action-réaction.

## LES ACQUITS DU MODELE JANUS

Le modèle Janus n'est pas un nième modèle associé à un lot conséquent de paramètres libres. C'est au contraire un modèle à un seul paramètre libre.

En fait ça n'est rien d'autre qu'un prolongement des idées d'André Sakharov. En 1967 Andrei Sakharov donne l'explication de l'absence d'observation d'antimatière primordiale (ceci dit, de nos jours, il n'existe toujours pas d'explication alternative). Il a émis l'hypothèse que l'univers pourrait être constitué de deux univers jumeaux liés tous les deux par une singularité initiale. En s'inspirant de la CPT-symétrie, Sakharov suggéra en outre

- Que les flèches du temps seraient antiparallèles, ce qui correspond à une (T-symétrie).
- Que ceux-ci seraient énantiomorphes ce qui correspond à une (P-symétrie)
- Que l'univers jumeau serait formé d'antimatière ce qui correspond à une (C-symétrie).

- Le modèle Janus se calque sur ce schéma général. Nous avons suggéré qu'il y avait un seul univers, correspondant à une variété V4, à quatre dimensions, avec deux métriques. Ceci correspond à un contexte géométrique nouveau, mais clair. Comme l'a montré Jean-Marie Souriau en 1970, la T-symétrie entraîne une inversion de la masse et de l'énergie, de telle façon que cet univers jumeau contient des copies de nos antiparticules, antiproton, antineutron, antiélectron, affectées de masse et d'énergie négative. Les masses négatives émettent des photons d'énergie négative. De ce fait elles sont pour nous invisibles et ne révèlent leur présence que par des effets antigravitationnels. En suivant les idées de Sakharov nous pouvons supposer que le taux de production des baryons dans la population positive est supérieur au taux de production des antibaryons. Avec une situation inverse dans la population négative.

**1** - Le modèle Janus explique l'absence d'observation d'une antimatière primordiale, ce que ne fait pas le modèle  $\Lambda$ CDM.

**2** - Le modèle Janus donne une description précise des composants invisibles de l'univers, ce que ne fait pas le modèle  $\Lambda$ CDM.

**3** - En outre le modèle prédit que l'antimatière qui sera créée en laboratoire, dans l'expérience G-bar, se comportera comme la matière ordinaire dans les champs gravitationnels terrestres.

**4** - A cause de cette répulsion mutuelle entre les masses positives et les masses négatives, ces dernières sont pratiquement absentes dans le système solaire. Ainsi le modèle Janus est-il conforme à toutes les classiques vérifications observationnelles de la Relativité Générale.

**5** - Le modèle Janus suggère un schéma clair pour la formation de la structure à grande échelle de l'Univers, ce que le modèle  $\Lambda$ CDM peine à faire.

**6** - Le modèle Janus explique le caractère répulsif du Great Repeller. Ainsi les vitesses de fuite des galaxies sont dues à la présence d'un conglomérat de masse négative, localisé au

centre d'un grand vide. Les modèles de la pensée dominante suggèrent qu'un tel effet répulsif pourrait être dû à une lacune dans le champ de la matière sombre de masse positive. Mais l'instabilité gravitationnelle conduit à la formation de grumeaux dans la masse positive et ne fournit aucun scénario pouvant conduire à la formation de lacunes. En conséquence le modèle dominant  $\Lambda$ CDM ne fournit aucune explication pour cette observation.

**7** - Le modèle Janus explique le confinement des galaxies ainsi que la forme plate de leurs courbes de rotation, comme récemment montré par Jamie Farnes. Il n'est donc plus nécessaire d'invoquer la présence d'un halo de matière sombre comme le fait le modèle  $\Lambda$ CDM.

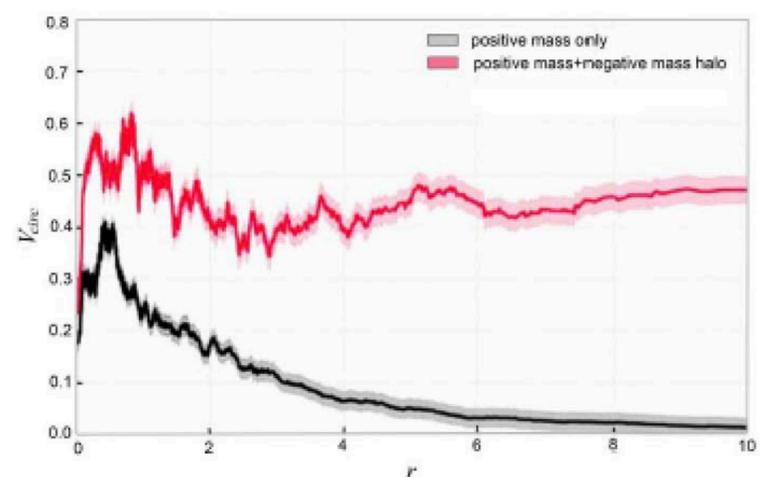


FIG.1 : Vitesse circulaire fonction de la distance. Simulations numériques. Simulations numériques à N-corps.

**8** - Le modèle Janus explique les forts effets de lentille gravitationnelle observés au voisinage des galaxies et des amas de galaxies, qui sont dus à la masse négative qui les environne.

**9** - Le modèle Janus fournit une explication de la faiblesse de la magnitude des très jeunes et très distantes galaxies. Quand la lumière traverse les conglomérats de masse négative situés au centre des grands vides l'effet de lentille gravitationnelle réduit leur luminosité.

**10** - Le modèle Janus explique la forme des galaxies spirales, en l'attribuant à une friction dynamique avec leur environnement de masse négative. Le modèle dominant  $\Lambda$ CDM n'a aucun modèle pour expliquer l'existence de telles structures.

En conclusion le modèle Janus n'est pas qu'une simple spéculation dans le domaine de la physique mathématique. Il a été confronté avec succès aux observations. Contrairement au modèle dominant d'aujourd'hui, le modèle  $\Lambda$ CDM, le modèle Janus ne traîne pas avec lui ces deux mystères que sont la matière sombre et l'énergie noire.

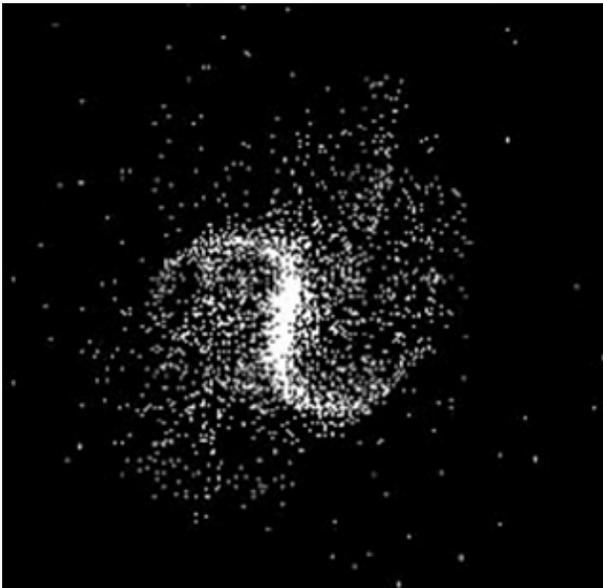


FIG. 2. Spiral structure in numerical simulation

### JCM EXPLAINS THE ACCELERATION OF THE UNIVERSE

An exact solution of the system (1) for the dust era of the universe, was presented in Astrophysics and Space Science journal in 2014[8], which gives, for positive species :

$$\begin{aligned} a^{(+)}(u) &= \alpha^2 ch^2(u) \\ t^{(+)}(u) &= \frac{\alpha^2}{c} \left( 1 + \frac{1}{2} sh(2u) + u \right) \end{aligned} \quad (2)$$

In the following, we will show that the predicted values of the bolometric magnitude versus redshift fits pretty well the available data.

For sake of simplicity, we will now write  $a^{(+)} \equiv a$ .

The deceleration parameter  $q$  is :

$$q \equiv -\frac{a \ddot{a}}{\dot{a}^2} = -\frac{1}{2 sh^2(u)} < 0 \quad (3)$$

And the Hubble constant is :

$$H \equiv \frac{\dot{a}}{a} \quad (4)$$

We can derive (see annex A) the relation for the bolometric magnitude with respect to the redshift  $z$  :

$$m_{bol} = 5 \log_{10} \left[ z + \frac{z^2(1-q_0)}{1+q_0z + \sqrt{1+2q_0z}} \right] + cst \quad (5)$$

where  $q_0 < 0$  and  $1 + 2q_0z > 0$ . Fitting  $q_0$  and  $cst$  to available observational data [20], gives :

$$q_0 = -0.087 \pm 0.015 \quad (6)$$

Results presented below, show the standardized distance modulus, linked to experimental parameters through the relation :

$$\mu = m_B^* - M_B + \alpha X_1 - \beta C \quad (7)$$

where  $m_B^*$  is the observed peak magnitude in rest frame B band,  $X_1$  is the time stretching of the light curve and  $C$  the supernova color at maximum brightness.

Both  $M_B$ ,  $\alpha$  and  $\beta$  are nuisance parameters in the distance estimate.

We took the values given in ref.[20] corresponding to the best fit of the whole set of combined data (740 supernovae) with  $\Lambda$ CDM model.

With our best fit, we have :  $\chi^2/d.o.f. = 657/738$  (740 points and 2 parameters).

The corresponding curves are shown in fig. 3, 4, 5, 6, in excellent agreement with the experimental data. The comparison with both model best fits are shown in fig. 7.

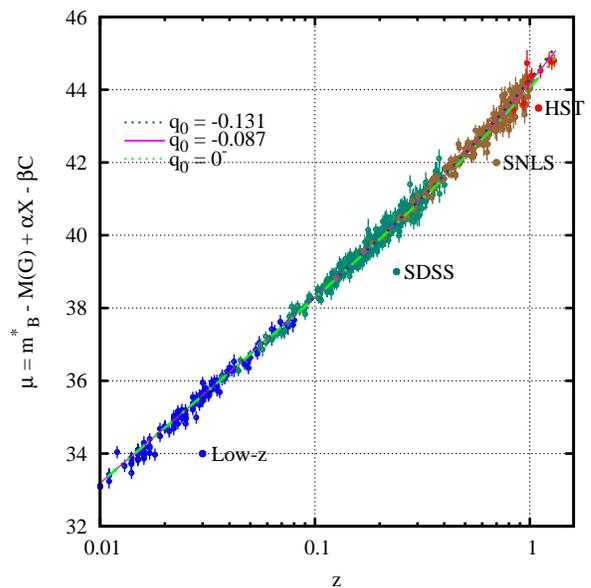


FIG. 3. Hubble diagram of the combined sample (log scale)

We can derive the age of the universe (see annex B) with respect to  $q_0$  and  $H_0$  and some numerical values are given in table I, for different  $(q_0, H_0)$  values. For our best fit, we get :

$$T_0 = \frac{1.07}{H_0} = 15.0 Gyr \quad (8)$$

### WHAT IS MISSING

Lets figure out that, when extended to the early age of the universe, the JCM proposes an alternative to the

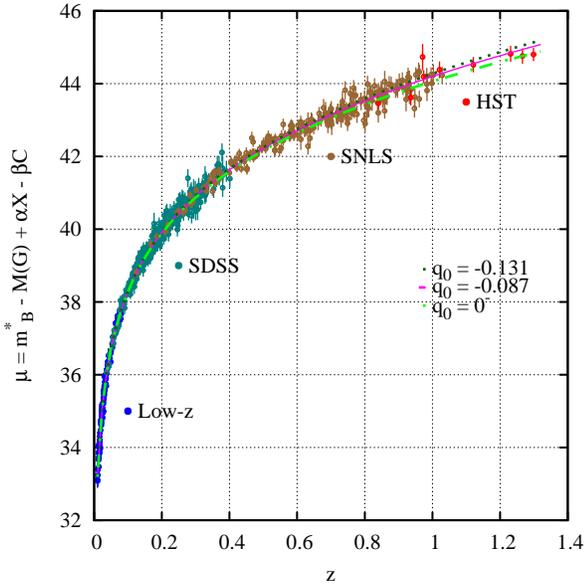


FIG. 4. Hubble diagram of the combined sample (linear scale)

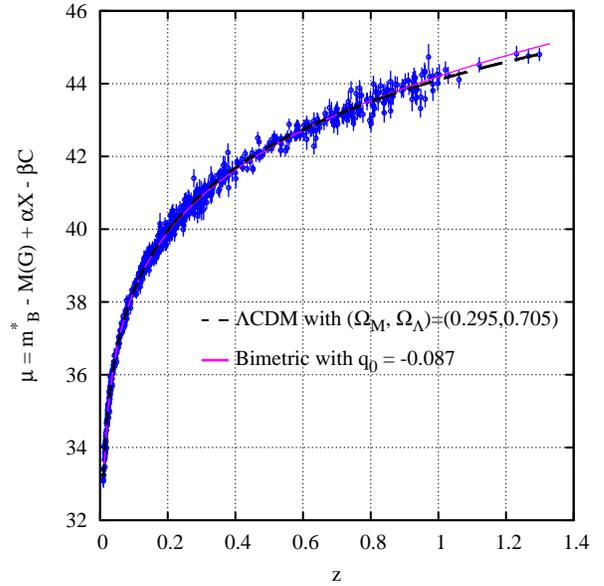


FIG. 7. Hubble diagram of the combined sample and comparison with the 2 models (linear scale)

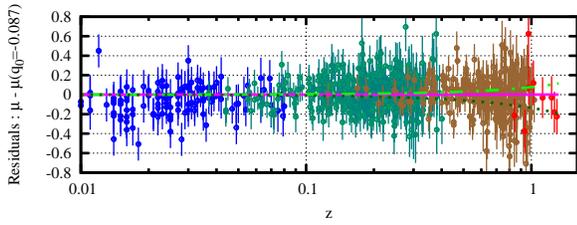


FIG. 5. Residuals from the best fit versus redshift (log scale)

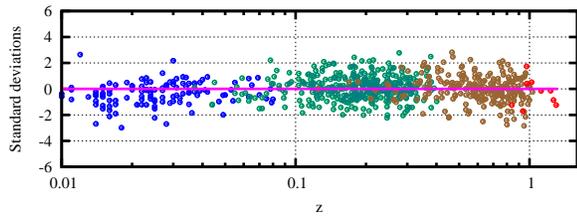


FIG. 6. Standard deviation versus redshift

TABLE I.  $T_0$  values with respect to  $q_0$  and  $H_0$ 

$T_0$ (Gyr)	$q_0$						
	0.00	-0.045	-0.087	-0.102	-0.117	-0.132	
$H_0$	70	14.0	15.0	15.0	14.9	14.9	14.8
	73	13.4	14.4	14.4	14.3	14.3	14.2

inflation theory, in order to justify the great homogeneity of the primeval universe. This was introduced first in 1988[21], extended in 1995[7], and implies a variable constants system which preserves all equations of physics. As a basis of the interpretation of the very large struc-

ture of the universe we supposed that the mass density of the negative species (negative mass 'twin' matter) is much higher than the one of the positive species. In JCM, we have to take into account two systems, each owing their own sets of variable constants plus space and time scale factors :

$$\begin{aligned} & [c^{(+)}, G^{(+)}, h^{(+)}, m^{(+)}, e^{(+)}, a^{(+)}, t^{(+)}] \\ & [c^{(-)}, G^{(-)}, h^{(-)}, m^{(-)}, e^{(-)}, a^{(-)}, t^{(-)}] \end{aligned}$$

A future work will show how, the system of coupled field equations(1) including a variable constants process, starting from a fully symmetrical initial situation can explain density instabilities.

Moreover, when the densities get weaker, the sets :

$$\begin{aligned} & [c^{(+)}, G^{(+)}, h^{(+)}, m^{(+)}, e^{(+)}] \\ & [c^{(-)}, G^{(-)}, h^{(-)}, m^{(-)}, e^{(-)}] \end{aligned}$$

behave as absolute constants, in each sector, with  $a^{(+)}c^{(+)^2} = a^{(-)}c^{(-)^2}$ .

The  $\Lambda$ CDM model provides an interpretation of the fluctuations of the CMB. If the JCM wants to pretend to challenge the  $\Lambda$ CDM it must provide an alternative interpretation of such observational data.

This is out of the scope of the present paper and will be the subject of future works.

## CONCLUSION

Based on a new geometrical framework the JCM model taking into account many observational data. It precisely defines the nature of the invisible components of

the universe, as a copy of ordinary components, with negative energy and negative mass, if any. By developping former Sakharovs theory, it explains the lack of primeval antimatter observation. The negative sector is then composed with negative mass protons, neutrons, electrons and so on. Through such a negative energy, photons make all negative sectors species invisible to us.

JCM model is explaining the strong gravitational lensing effects around galaxies and clusters of galaxies, due to the surrounding and confining negative mass environment. It brings a model for VLS formation, spiral structure and gives an explanation to the repellent phenomena recently observed in a very large size mapping. It also explains the flatness of the rotation curves of galaxies.

The extension of JCM to a variable constants regime, applying to the early stage, explains the homogeneity of the early universe.

It brings an exact solution in the dust era, which takes takes into account the acceleration of the universe. This paper is willing to demonstrate the good agreement of this solution with a single free parameter, with the experimental data on supernovae. The deceleration parameter  $q_0$ , allways negative, happened to be small and there is no need in JCM to introduce a non zero cosmological constant to fit the so far available data.

It is also pointed out that the model must now provide its own interpretation of additional features like the CMB fluctuations.

- [12] A. Sakharov. CP invariance violation, C and baryonic asymmetries of the universe. *ZhETF Pis'ma*, 5:32–35, 1967. Translation in . *Sov. Phys. JETP Letter*,5:24–27, 1967.
- [13] A. Sakharov. Baryonic asymetry of the universe. *ZhETF Pis'ma*, 76:1172–1181, 1979. Translation in . *Sov. Phys. JETP Letter*,49:594–599, 1979.
- [14] A. Sakharov. Cosmological Model of the Universe with a time-vector inversion. *ZhETFPis'ma*, 79:689–693, 1980. Translation in . *Sov. Phys. JETP*, 52:349–351, 1980.
- [15] J.M. Souriau. Structure des Systmes Dynamiques. *Paris, Dunod* , ISSN 0750-2435, 1970. Structure of Dynamical Systems . *Boston, Birkhuser*, 1997.
- [16] J.S. Farnes. A Proposal for a Unifying Theory of Dark Energy and Dark Matte. *arXiv physics.gen-ph*, 1712.07962, 2017.
- [17] H. El-Ad, T. Piran and L.N. da Costa Automated Detection of Voids in Redshift Surveys. *The Astrophysical Journal*, 462:L13–L16,1996.
- [18] Y. Hoffman, D. Pomarde, R.B. Tully and H.M. Courtois. The Dipole Repeller. *Nature Astronomy* , 0036, 2017.
- [19] J.P. Petit, P. Midy, and F. Landsheat. Twin matter against dark matter. . *International Meeting on Astrophysical and Cosmology "Where is the matter ? "* , Marseille, 2001 June 25-29.
- [20] M. Betoule et al. Improved cosmological constraints from a joint analysis of the sdss-ii and snls supernova sample. *Astronomy and Astrophysics*, A22:568, 2014.
- [21] J.P. .Petit. Cosmological model with variable velocity of light. *Modern Phys Letters*, A3:1527 1988.
- [22] W. Mattig. Über den zusammenhang zwischen rotverschiebung und scheinbarer helligkeit. *Astronomische Nachrichten*, 284:109, 1959.
- [23] J. Terell. *American Journal of Physics*, 45:869, 1977.

## Annex A : Bolometric magnitude

Starting from the cosmological equations corresponding to positive species and neglectible pressure (dust universe) establish in ref.[8] :

$$a^{(+)}{}^2 \ddot{a}^{(+)} + \frac{8\pi G}{3} E = 0 \quad (9)$$

with  $E \equiv a^{(+)}{}^3 \rho^{(+)} + a^{(-)}{}^3 \rho^{(-)} = \text{constant} < 0$ . For the sake of simplicity we will write  $a \equiv a^{(+)}$  in the following. A parametric solution of Eq. (9) can be written as :

$$a(u) = \alpha^2 c h^2(u) \quad t(u) = \frac{\alpha^2}{c} \left( 1 + \frac{sh(2u)}{2} + u \right) \quad (10)$$

with

$$\alpha^2 = -\frac{8\pi G}{3c^2} E \quad (11)$$

This solution imposes  $k = -1$ . Writing the usual definitions:

$$q \equiv -\frac{a\ddot{a}}{\dot{a}^2} \quad \text{and} \quad H \equiv \frac{\dot{a}}{a} \quad (12)$$

we can write :

$$q = -\frac{1}{2sh^2(u)} = -\frac{4\pi G}{3} \frac{|E|}{a^3 H^2} \quad (13)$$

and also

$$(1 - 2q) = \frac{c^2}{a^2 H^2} \quad (14)$$

- 
- [1] A.G. Riess et al. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant. *The Astrophysical Journal*, 116:1009–1038, 1998.
  - [2] S. Perlmutter et al. ObMeasurements of  $\Omega$  and  $\Lambda$  from 42 High-Redshift Supernovae. *The Astrophysical Journal*, 517:565–586, 1998.
  - [3] B.P. Schmidt et al. The high-Z supernova search. Measuring cosmic deceleration and global curvature of the universe using type Ia supernovae. *The Astrophysical Journal*, 507:46–63, 1999.
  - [4] H. Bondi. Negative mass in General Relativity. *Review of Modern Physics*, Vol.29,N3, 1957.
  - [5] W.B. Bonnor. Negative mass in general relativity. *General Relativity And Gravitation*, Vol.21 N.11:1143–1157, 1989.
  - [6] J.P. .Petit. The missing mass problem. *Il Nuovo Cimento B*, Vol.109:697–710, July 1994.
  - [7] J.P. .Petit . Twin universe cosmology. *Astrophysics And Space Science*, 226, 273, 1995.
  - [8] J.P. .Petit and G. D'Agostini. Negative mass hypothesis in cosmology and the nature of dark energy. *Astrophysics And Space Science*, 353, Issue 2, 2014.
  - [9] J.P. .Petit and G. D'Agostini. Cosmological bimetric model with interacting positive and negative masses and two different speeds of light, in agreement with the observed acceleration of the Universe. *Modern Physics Letters A*, Vol.29, No34, 2014.
  - [10] S. Hossenfelder. Anti-gravitation *Physics Letters B*,636:119–125, 2006.
  - [11] S. Hossenfelder. A bimetric theory with exchange symmetry. *Physical Review*, D78(044015), 2008.

In terms of the time  $t$  used in the FRLW metric, the light emitted by  $G_e$  at time  $t_e$  is observed on  $G_0$  at a time  $t_0$  ( $t_e > t_0$ ) and the distance  $l$  travelled by photons ( $ds^2 = 0$ ) is related to the time difference  $t$  and then to the  $u$  parameter through the relation :

$$l = \int_{t_e}^{t_0} \frac{c dt}{a(t)} = \int_{u_e}^{u_0} \frac{(1 + ch(2u))}{ch^2(u)} du = 2u_0 - 2u_e \quad (15)$$

We can also relate the distance  $l$  to the distance marker  $r$  by (using Friedman's metric with  $k = -1$ ) :

$$l = \int_{t_e}^{t_0} \frac{c dt}{a(t)} = \int_0^r \frac{dr'}{\sqrt{1 + r'^2}} = \text{argsh}(r) \quad (16)$$

So we can write :

$$r = sh(2u_0 - 2u_e) = 2sh(u_0 - u_e)ch(u_0 - u_e) \quad (17)$$

We need now to link  $u_e$  and  $u_0$  to observable quantities  $q_0$ ,  $H_0$ , and  $z$ . From Eq. (10) we get :

$$u = \text{argch} \left( \sqrt{\frac{a}{\alpha^2}} \right) \quad (18)$$

Eq. (15) gives the usual redshift expression :

$$a_e = \frac{a_0}{1+z} \quad (19)$$

From Eq. (13) and (18) we get :

$$u_0 = \text{argch} \sqrt{\frac{2q_0 - 1}{2q_0}} = \text{argsh} \sqrt{-\frac{1}{2q_0}} \quad (20)$$

From Eq. (13), (18) and (19) we get :

$$u_e = \text{argch} \sqrt{\frac{2q_0 - 1}{2q_0(1+z)}} = \text{argsh} \sqrt{-\frac{1 + 2q_0z}{2q_0(1+z)}} \quad (21)$$

Inserting Eq. (20) and (21) into Eq. (17), after a 'few' technical manipulations, using at the end Eq.(14) and considering the constraint that  $1 + 2q_0z > 0$ , we get :

$$r = \frac{c}{a_0 H_0} \frac{q_0z + (1 - q_0)(1 - \sqrt{1 + 2q_0z})}{q_0^2(1+z)} \quad (22)$$

Which is similar to Mattig's work [22] with usual Friedmann solutions where  $q_0 > 0$ , here we have always  $q_0 < 0$ .

The total energy received per unit area and unit time interval measured by bolometers is related to the luminosity :

$$E_{bol} = \frac{L}{4\pi a_0^2 r^2 (1+z)^2} \quad (23)$$

Using Eq. (22), the bolometric magnitude can therefore be written as :

$$m_{bol} = 5 \text{Log}_{10} \left[ \frac{q_0z + (1 - q_0)(1 - \sqrt{1 + 2q_0z})}{q_0^2} \right] + cte \quad (24)$$

This relation rewrites as [23]:

$$m_{bol} = 5 \text{Log}_{10} \left[ z + \frac{z^2(1 - q_0)}{1 + q_0z + \sqrt{1 + 2q_0z}} \right] + cte \quad (25)$$

which is valid for  $q_0 = 0$ .

## Annex B : Age of the universe

Below we will establish the relation between the age of the universe  $T_0$  with  $q_0$  and  $H_0$ . This age is defined by :

$$T_0 = \frac{\alpha^2}{c} \left( \frac{sh(2u_0)}{2} + u_0 \right) \quad (26)$$

From Eq. (11), (13), (14) we get :

$$\frac{\alpha^2}{c} = -\frac{2q}{H} (1 - 2q)^{-\frac{3}{2}} = \frac{2q_0}{H_0} (1 - 2q_0)^{-\frac{3}{2}} \quad (27)$$

and so :

$$T_0 \cdot H_0 = -2q_0 (1 - 2q_0)^{-\frac{3}{2}} \left( \frac{sh(2u_0)}{2} + u_0 \right) \frac{1}{H_0} \quad (28)$$

Inserting Eq. (20) in Eq. (28) we finally get :

$$T_0 \cdot H_0 = 2q_0 (1 - 2q_0)^{-\frac{3}{2}} \left( \text{argsh} \sqrt{\frac{-1}{2q_0}} - \frac{\sqrt{1 - 2q_0}}{2q_0} \right) \quad (29)$$

This relation is shown in fig. 8.

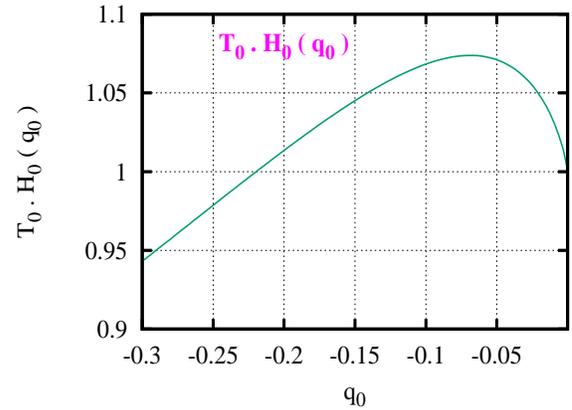


FIG. 8. Age of the universe time Hubble's constant versus  $q_0$