**Réponse aux attaques de T. Damour.**

En 2019 l'académicien Thibault Damour, « Monsieur Cosmologie » en France, décide d'intervenir pour s'opposer à l'intérêt croissant que suscite notre Modèle Cosmologique Janus, au sein du public, parmi les étudiants, les ingénieurs et les chercheurs.

Pour lui, il ne peut s'agir que d'un travail d'amateur, entaché d'incohérences physiques et mathématiques, dépourvu de tout avenir, bref, d'une imposture.

Il réagit donc en m'envoyant, à mon domicile, en janvier 2019, une lettre recommandée avec accusé de réception (une démarche inédite venant d'un académicien), lettre accompagnée d'un premier article qu'il met en ligne sur sa page de l'IHES. Il en transmet également une copie à la presse et à différents contacts. Dans le même temps, il publie sur sa page personnelle du site de l'Institut des Hautes Études, auquel il appartient, un article intitulé « Sur le modèle Janus ».

Dans cet article il se concentre sur une première formulation du modèle Janus correspondant à deux publications de 2014[1] . Nous lui signalons aussitôt que le problème qu'il soulève a déjà trouvé sa solution, en lui envoyant l'article correspondant[2] et nous lui proposons une rencontre pour lui fournir tous les éclaircissements.

Pas de réponse.

Dans l'impossibilité d'établir un dialogue, nous positionnons sur internet le détail des calculs en question.

---

[1] J.P.Petit, G.D'Agostini : Negative Mass hypothesis in cosmology and the nature of dark energy. Astrophysics And Space Sccience,. *A* **29**, 145-182 (**2014**)
J.P.Petit, 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 ; N° 34, **2014** ; Nov 10th

[2] J.P.Petit, G. D'Agostini, N.Debergh : Physical and mathematical consistency of the Janus Cosmological Model (JCM). Progress in Physics **2019** Vol.15 issue 1

Pas de réaction.

Trois années s'écoulent. Des collègues chercheurs, s'étant forgé leur propre opinion en refaisant ces calculs démarchent en 2022 auprès de Mr T. Damour en lui demandant qu'il porte attention à ce document. En décembre 2022 il formule sa réponse en installant un second article sur sa page de l'IHES :

**Incohérence Physique et Mathématique du "modèle Janus-2019" de J. P. Petit et coll.**

Thibault Damour, IHES
12 décembre 2022

Dans le document "Sur le "modèle Janus" de J. P. Petit" (mis en ligne sur http://www.ihes.fr/˜damour le 4 Janvier 2019), j'avais expliqué en grand détail l'incohérence physique et mathématique de la version du modèle Janus publiée en 2014 par J. P. Petit and G. d'Agostini; c.a.d.

J. P. Petit. et G. d'Agostini, "Negative mass hypothesis in cosmology and the nature of dark energy", Astrophys. Space Sci DOI 10.1007/s10509-014-2106-5);

J. P. Petit, et 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". Mod. Phys. Lett. A Vol. 29 (no 34) (2014) 145082.

https://www.jp-petit.org/papers/cosmo/2022-12-12-Damour-IHES.pdf

https://www.ihes.fr/~damour/publications/JanusDecembre2022.pdf

Cet article se révèle d'emblée mathématiquement incohérent. Ci-après des extraits. D'abord la présentation du système de équations de champ :

publiées dans leur article de 2019. Pour clarifier cette situation, je discute ci-dessous en détail les *graves incohérences* de la version 2019 du modèle Janus.

Les équations de base qui définissent "le modèle Janus-2019" concernent deux métriques (de signatures Lorentziennes $-+++$), $g^+_{\mu\nu}$ et $g^-_{\mu\nu}$, sur une même variété quadri-dimensionnelle, et sont (équations (40), (41) de PDD19):

$$\begin{aligned} w_+E^+_{\mu\nu} &= \chi(w_+T^+_{\mu\nu} + w_-\varphi T^-_{\mu\nu})\,, \\ w_-E^-_{\mu\nu} &= -\chi(w_-T^-_{\mu\nu} + w_+\varphi T^+_{\mu\nu}). \end{aligned} \qquad (1)$$

Ici: $E^\pm_{\mu\nu} = E_{\mu\nu}(g_\pm) = R^\pm_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R^\pm g^\pm_{\mu\nu}$ dénote le tenseur d'Einstein (de $g_+$ ou $g_-$); $w_\pm \equiv \sqrt{-\det g_\pm}$; $\chi = +8\pi G/c^4$ (avec mes conventions); les deux tenseurs

Nous l'adaptons ensuite à nos propres notations.

En divisant les termes de la première équation par w+, ceux de la deuxième par w- et en utilisant nos notations ce système devient :

(a) $$R^{(+)}_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\, R^{+} g^{(+)}_{\mu\nu} = \chi \left[ T^{(+)}_{\mu\nu} + \sqrt{\frac{g^{-}}{g^{+}}}\, \widehat{T}^{(-)}_{\mu\nu} \right]$$

(b) $$R^{(-)}_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\, R^{-} g^{(-)}_{\mu\nu} = -\chi \left[ \sqrt{\frac{g^{+}}{g^{-}}}\, \widehat{T}^{(+)}_{\mu\nu} + T^{(-)}_{\mu\nu} \right]$$

Ce système de deux équations de champ (a) et (b) est identique au système (1) de ce second article de Damour.

Nous pouvons l'écrire sous une forme « mixte » :

(c) $$R^{(+)\nu}_{\ \ \ \mu} - \frac{1}{2}\, R^{+} \delta^{\nu}_{\mu} = \chi \left[ T^{(+)\nu}_{\ \ \ \mu} + \sqrt{\frac{g^{-}}{g^{+}}}\, \widehat{T}^{(-)\nu}_{\ \ \ \mu} \right]$$

(d) $$R^{(-)\nu}_{\ \ \ \mu} - \frac{1}{2}\, R^{-} \delta^{\nu}_{\mu} = -\chi \left[ \sqrt{\frac{g^{+}}{g^{-}}}\, \widehat{T}^{(+)\nu}_{\ \ \ \mu} + T^{(-)\nu}_{\ \ \ \mu} \right]$$

Plaçons-nous d'emblée dans le cadre de l'approximation Newtonienne. Auquel cas :

(e) $$T^{(+)\nu}_{\ \ \ \mu} = \widehat{T}^{(+)\nu}_{\ \ \ \mu} = \begin{pmatrix} \rho^{(+)} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \qquad T^{(-)\nu}_{\ \ \ \mu} = \begin{pmatrix} \rho^{(-)} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Le système des équations (c) et (d) va nous permettre de déterminer le sens des interactions entre les différents types de masses. Concernant l'interaction entre deux masses positives, ceci résulte de l'examen des géodésiques de l'équation (c), quand le champ est créé par une masse positive, ce qui devient l'équation d'Einstein, de la relativité générale, soit :

(f) $$R^{(+)\nu}_{\ \ \ \mu} - \frac{1}{2} R^{(+)} \delta^{\nu}_{\mu} = \chi\, T^{(+)\nu}_{\ \ \ \mu}$$

On fera alors recours au couple des deux métriques de Schwarzschild, intérieure et extérieure. Ainsi, la forme des géodésiques nous renseignent sur la forme de l'interaction :

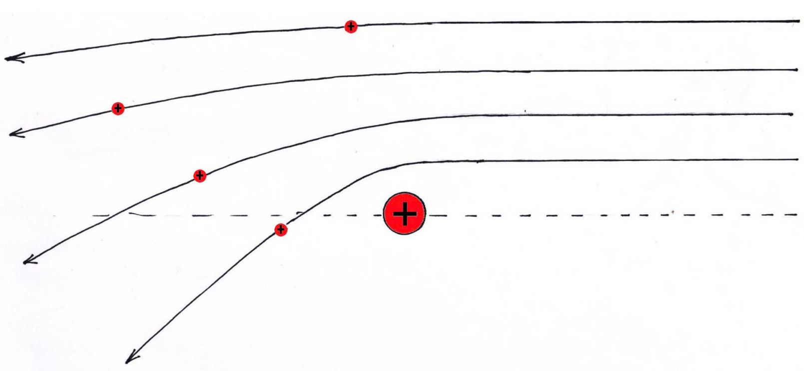

Fig.1 : Les masses positives s'attirent mutuellement

Examinons maintenant ce qu'il en est de l'interaction entre deux masses négatives. Les géodésiques seront alors issues de l'équation (b). Le champ sera créé par une masse négative, conformément à l'équation ci-après :

(g) $$R^{(-)\nu}_{\mu} - \frac{1}{2} R^{(-)} \delta^{\nu}_{\mu} = - \chi \, T^{(-)\nu}_{\mu}$$

Avec :

(h) $$T^{(-)\nu}_{\mu} = \begin{pmatrix} \rho^{(-)} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Or, la masse volumique de la distribution de masse négative est elle-même négative :

(i) $$\rho^{(-)} < 0$$

De ce fait et du fait du signe moins qui se situe devant la constante d'Einstein, l'équation (g) donnera alors des géodésiques identiques à celles de la figure 1 :

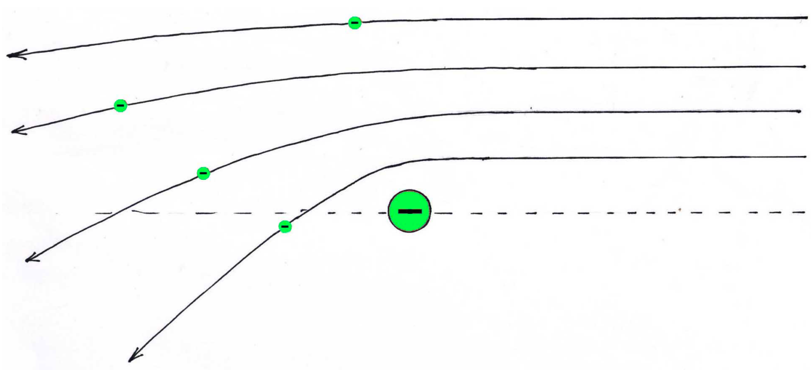

Fig.2 : Les masses moins s'attirent

En poursuivant la lecture de son article, nous lisons :

Si on oublie cette incohérence, et si on étudie les conséquences physiques des deux équations (1), on va montrer que l'on obtient encore deux autres incohérences physico-mathématiques.

Une première nouvelle incohérence concerne l'idée de base du modèle Janus (tel qu'il a été défini dans un cadre newtonien), cad le fait que, dans ce modèle, *les masses positives attirent les masses positives; les masses négatives attirent les masses négatives, mais les masses positives et négatives se repoussent.*

Une conséquence particulière de ce principe fondamental du modèle Janus doit donc être qu'une étoile à masse négative, dont l'extérieur est décrit, d'après l'équ. (21) de PDD19, par une solution de Schwarzschild contenant une masse négative ($-m$ remplaçant $+m$) doit *attirer les masses d'épreuve négatives dans son voisinage.* Mais en fait les éqs (1) impliquent le contraire: *les masses d'épreuve négatives dans le voisinage d'une solution de Schwarzschild ayant une masse négative sont repoussées.*

En effet, si l'on applique la deuxième équation (1) au cas d'une distribution de matière négative, $T^{-}_{\mu\nu}$ (spatialement séparée de la distribution de matière ordinaire $T^{+}_{\mu\nu}$, ou, pour simplifier, en absence de matière ordinaire), l'identité de Bianchi, $\nabla^{\nu}_{-} E^{-}_{\mu\nu} \equiv 0$, satisfaite par le tenseur d'Einstein, $E^{-}_{\mu\nu}$, implique que $T^{-}_{\mu\nu}$ doit satisfaire la loi de conservation

$$\nabla^{\nu}_{-} T^{-}_{\mu\nu} = 0 \,. \tag{4}$$

Cette loi de conservation (par rapport à la connexion $\nabla_{-}$ de la métrique $g^{-}_{\mu\nu}$) implique, comme il est bien connu, qu'une particule d'épreuve à masse négative doit suivre une *géodésique* de la métrique $g^{-}_{\mu\nu}$. En particulier, une particule d'épreuve à masse négative autour d'une solution de Schwarzschild de masse négative, sera *repoussée*, et non attirée par la masse centrale négative. Nous avons donc ici une violation frappante d'une des idées de base du modèle Janus. Cela montre que les deux équations de champ (1) ne réussissent pas à donner une description relativiste de la situation physique qu'elles sont censées décrire.

Cette erreur réside dans le fait qu'il n'a pas mené son analyse de manière rigoureuse, en écrivant « il est bien connu que… ». Cela signifie qu'il reprend les conclusions de Bondi en 1950, qui tentait d'introduire des masses négatives dans le modèle de la Relativité Générale, c'est-à-dire dans l'équation d'Einstein. Ces deux situations sont totalement différentes, et tout repose sur **l'existence de ce signe moins dans le second membre de la seconde équation de champ, que nous avons indiqué en rouge dans les équations (b), (d) et (g).**

Le signe moins introduit en amont, dès la construction du système d'équations de champ à partir d'une action, permet de contourner l'écueil représenté par le phénomène runaway, avec ce qu'il implique : la violation des principes d'action-réaction et d'équivalence. C'est l'une des clés du modèle Janus, qui a totalement échappé à l'œil de T. Damour, tout comme à celui de Sabine Hossenfelder, qui était parvenue à la conclusion que ces violations de ces deux principes physiques étaient inhérentes au passage à une configuration bimétrique.

Réalisant son erreur, T. Damour met alors en place un second article où cet argument disparaît. Il reprend alors la critique qu'il avait formulée quatre ans plus tôt, tout en ajoutant, nous reproduisons cet extrait :

Il est vrai que si l'on prend formellement la limite newtonienne $\frac{1}{c^2} \rightarrow 0$ dans les équations (12), ces deux équations deviennent compatibles, car elles deviennent toutes deux identiques à l'unique équation de structure newtonienne (11). Mais, il est *physiquement inacceptable* de négliger ainsi le fait que le modèle Janus-2019 prédit que *la variation radiale de la pression dans une étoile de matière ordinaire doit satisfaire deux équations incompatibles entre elles.* En effet, si l'on considère par exemple une étoile à neutrons, les termes relativistes supplémentaires dans (12), cad $\pm p_+/c^2$, $\pm 4\pi p_+ r^3/c^2$, et $\pm 2GM_+(r)/c^2$, sont numériquement très significatifs (de l'ordre de 10%), et conceptuellement très importants car ils modifient grandement la valeur de la masse maximum d'une étoile à neutrons. Comme il est rappelé dans l'éq. (10), les analogues

Dans les premières lignes il convient, avec quatre ans de retard, que la solution que nous avions publiée en 2019 résolvait le problème, dans un cadre newtonien, qui représente 99 % des situations envisagées en astrophysique. Il se replie alors sur le cas des étoiles à neutrons, en oubliant que dans modèle cosmologique Janus les masses de signes opposés s'excluent. Ainsi, dans les galaxies la densité de masse négative est négligeable. La modélisation des étoiles à neutrons se résume dès alors aux solutions (métrique intérieure plus métrique extérieure) de l'équation d'Einstein. Il n'est nul besoin de prendre en considération le « tenseur d'interaction » de cette équation, puisqu'il est négligeable.

Quand faut-il prendre en charge ce tenseur d'interaction ? Réponse : quand au contraire c'est la masse négative qui domine. C'est à dire dans ces grands vides où se logent des conglomérats sphéroïdaux de masse négative (dont l'existence à a été confirmée par le « dipôle repeller »). C'est la masse positive qui est cette fois négligeable. Et les équations à prendre en compte deviennent :

(j) $$R^{(+)\nu}_{\ \ \mu} - \frac{1}{2} R^+ \delta^\nu_\mu = \chi \sqrt{\frac{g^-}{g^+}}\, \widehat{T}^{(-)\nu}_{\ \ \mu}$$

(k) $$R^{(-)\nu}_{\ \ \mu} - \frac{1}{2} R^- \delta^\nu_\mu = -\chi\, T^{(-)\nu}_{\ \ \mu}$$

Ce qui intéresse l'astronome et l'astrophysicien c'est bien évidemment ce qui est observable, c'est à dire ce qui émane de l'équation (j) et qui permet, par exemple, de déterminer les géodésiques suivies par les photons (d'énergie positive) subissant le champ (antigravitationnel) généré par le conglomérat sphéroïdal. Mais celui-ci n'est pas « une étoile à neutrons de masse négative ». C'est un ensemble d'atomes d'antihydrogène et d'antihélium de masse négative, constituant ce qui peut être comparé à une gigantesque proto-étoile où la vitesse d'agitation de ces constituants est totalement négligeable devant la vitesse de la lumière dans ce milieu. Donc on utilisera la forme approchée du tenseur d'interaction :

(l)

$$\hat{T}^{(-)\nu}_{\mu} \simeq \begin{pmatrix} \rho^{(-)} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

On se situe alors dans ce qui a été présenté dans l'article de 2019, dans l'approximation Newtonienne. Ce qui nous donnera un effet de « lentille gravitationnelle négatif ».

A titre de conclusion on pourrait dire que ce qui pêche chez T. Damour est son absence de « sens physique ». Il ignore le sens de l'expression « négligeable devant … » qui est l'outil de base du physicien et de l'astrophysicien. La loi de Newton est … une loi approchée. Il est dommage que par son refus de toute rencontre, de tout dialogue, il donne à nos travaux une réputation imméritée d'incohérence, que beaucoup prennent hélas en référence.

Nous avons entrepris, avec des mathématiciens, de dégager solidement les bases mathématiques du modèle, d'essence topologique, le but étant de publier une suite d'articles dans des revues de mathématiques de haut niveau. Ceci faisant suite à la présentation du modèle, au printemps 2023, dans un colloque de physique mathématique, devant des mathématiciens, auxquels leur compétence donnait la possibilité de se forger une opinion précise de la cohérence mathématique du modèle, laquelle différait totalement de celle de T.Damour. L'un d'eux présenta même une communication consacrée à la thermodynamique du modèle Janus.

J.P-Petit 2023