

## Traduction française d'un article du physicien italien des particules (Institut de Physique des Particules de Bologne) Riccardo Di Sipio paru dans le site « Medium »

<https://medium.com/swlh/stranger-gravity-233a1bb17e29>

### Le Modèle Janus

*The existence of particles with negative energy, i.e. anti-matter, is [well established](#) and appears in probably [one too many](#) Hollywood movies.*

Au passage les physiciens ont envisagé, de manière assez bricolée, que la masse de telles particules puisse être également négative .

Quoiqu'il en soit en 1957 Hermann Bondi a montré que l'interaction entre particules de masses opposées créerait un phénomène hypothétique nommé « runaway » qui semble être un non sens et tua l'idée immédiatement.

Comme j'en ai déjà parlé dans un message précédent la masse négative est un outil théorique commode quand on parle de matière condensée et de physique de l'état solide, quand des agrégats de particules se comportent comme si leur masse était négative.

Malheureusement les particules de masse négative n'ont jamais été observée à ce jour et n'entrent pas dans le Modèle Standard.

Mais il est clair que ceci n'est pas la fin de l'histoire. Une voie alternative pour introduire ces masses négatives consiste à se demander d'abord comment un tel objet pourrait se présenter.

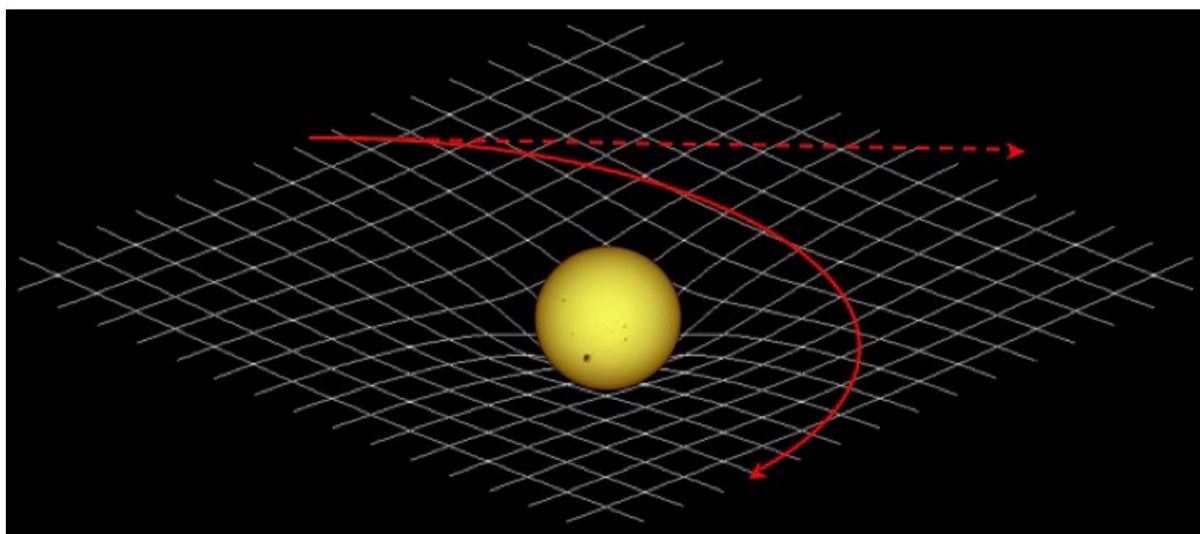
Dans la théorie de la gravitation l'effet de la présence d'une masse est de courber l'espace à la façon dont une masse pourrait peser sur un matelas.

La façon dont la trajectoire d'une particule de matière ou de la lumière peut être affectée se traduit par le fait que celles-ci suivent alors des « trajectoires géodésiques » au sens où celles-ci correspondent aux trajectoires de plus court chemin dans un espace-temps à quatre dimensions.

Si vous voyez les choses de cette façon cela voudrait dire que l'effet d'une masse négative serait de « peser » sur l'espace-temps- ici ceci requiert votre attention- « par en dessous ».

Ceci est juste une représentation imagée mais une description formelle existe où la courbure de l'espace temps est alors inversée.

Par exemple, si une concentration de masse positive créerait une dépression évoquant la forme d'un cône émoussé une masse perçue comme négative créerait une altération géométrique évoquant une selle de cheval (dont l'image est celle de ces chips Pringles).



Ici la présence d'une masse positive crée une distorsion de l'espace temps qui se révèle par l'altération de la trajectoire d'un rayon lumineux.

Ainsi, l'idée de Petit est d'envisager deux espace-temps différents, chacun étant équipé de son propre tenseur métrique permettant de rendre compte de sa géométrie et d'obtenir une mesure de distance entre deux points.

Ces deux sont « couplées » au sens où chacun de ces feuillet se trouve en quelque sorte informé de la présence de la matière se situant sur « l'autre côté ». Ces éléments réagissent alors en se courbant ou en s'étirant à la manière de ce qui avait été découvert et introduit par Einstein.

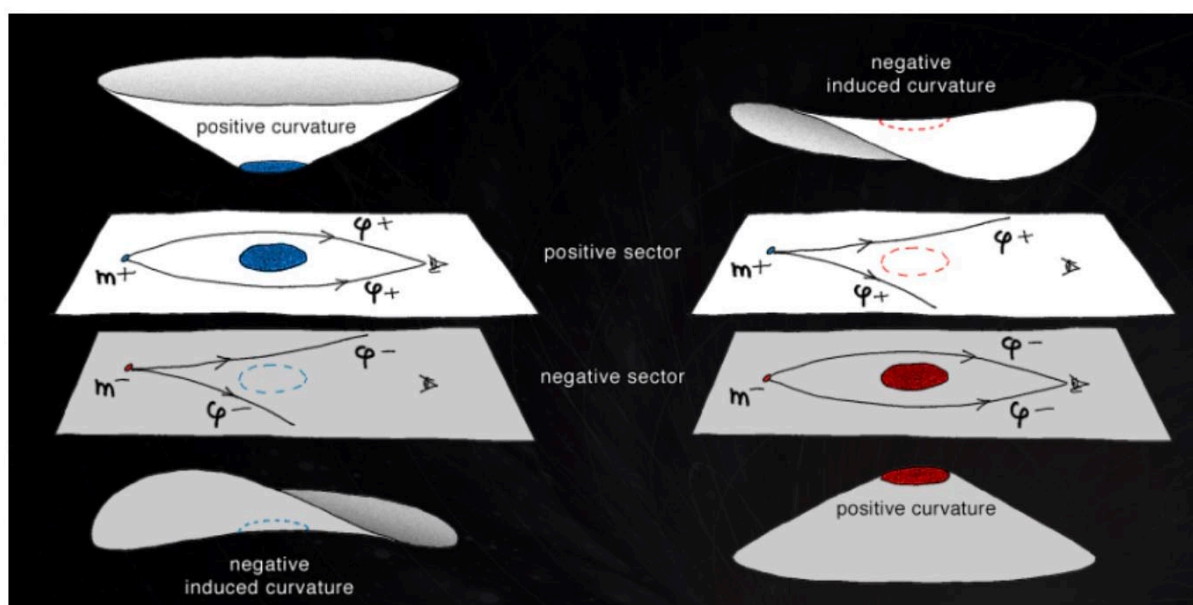


Figure gauche : Une masse située « sur le dessus », qui y crée un effet de lentille gravitationnelle convergente crée sur « le dessous » un effet de lentille gravitationnelle divergente. Schéma analogue si une masse négative est présente « en dessous » qui crée alors cet effet de géométrie induite « sur les dessus » (figure droite)

Cette astuce remarquable correspond à l'extension de la Relativité Générale correspondant au modèle Janus où il devient possible d'introduire des masses négatives sans qu'apparaisse le phénomène runaway.

Quand on se situe dans le cadre de l'approximation newtonienne ( c'est à dire vitesses faibles, faibles masses, champ gravitationnel faible) on obtient alors le schéma d'interactions suivant :

- Les masses positives s'attirent selon la loi de Newton
- Les masses négatives s'attirent selon la loi de Newton
- Les masses de signes opposés se repoussent selon « anti-Newton »

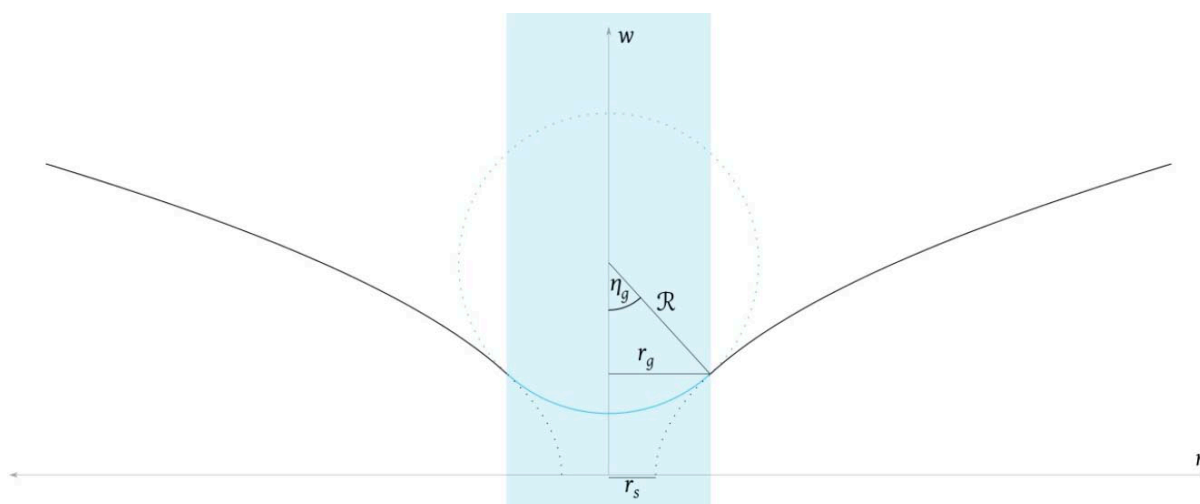
Tandis que les masses positives émettent des « photons positifs », qui cheminent selon les géodésiques du versant positif, les masses négatives émettent des « photons négatifs » qui cheminent sur l'autre système géodésique, qui n'interfère pas avec le premier.

Ainsi les deux entités n'interfèrent qu'à travers la gravitation ce qui signifie au passage que nous ne serons jamais en mesure de créer ou de détecter cette matière sombre en laboratoire.

Au passage des études plus récentes montrent que le modèle Janus parvient à à expliquer non seulement cet effet de matière sombre, mais aussi la dynamique des galaxies (comme la formation des galaxies spirales), l'énergie noire, de même que ce qui se passe à l'intérieur d'un trou noir.

Il est intéressant de remarquer que ces calculs se fondent sur une solution de Relativité Générale appelé « métrique de Schwarzschild intérieure » qui est assez peu connue du grand public et rarement discutée dans les livres.

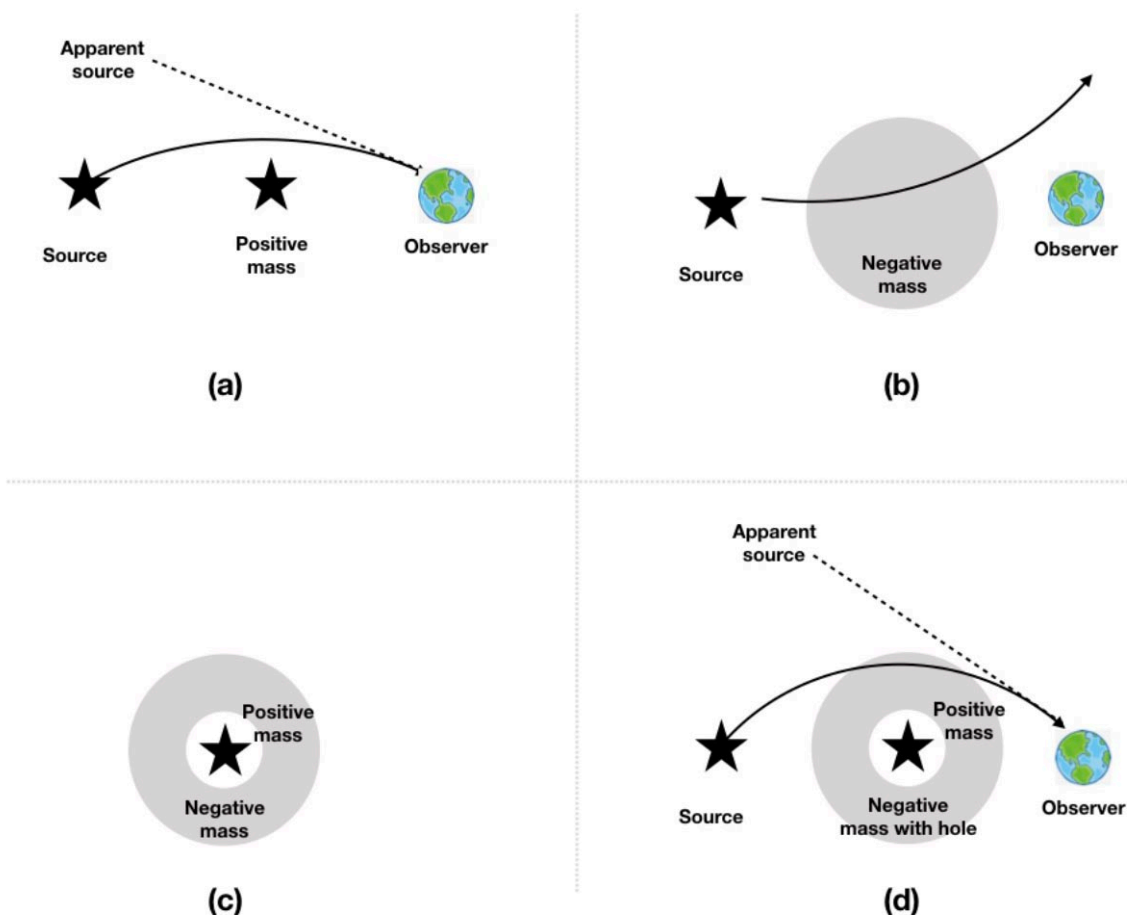
Ces équations se réfèrent alors à un élément fluide incompressible, exempt de rotation qui, nous dit J-P Petit , dans le cas d'une masse négative correspond à ce que nous considérons comme de la matière sombre.



La région bleutée et l'arc de cercle bleu représente la méridienne de la métrique intérieure. Les arcs de couleur noire figurent la métrique extérieure. Les deux géométries se raccordent à l'interface. Curieusement, il n'y a pas de singularité centrale.

Comme les galaxies seraient entourées d'une mer de masse négative la lumière qui chemine depuis une source distante jusqu'à un observateur terrestre subirait une déflexion résultant des effets combinés de la masse ordinaire, et de l'environnement de masse négative, qui produit alors un renforcement de cet effet de lentille gravitationnelle, que nous attribuons classiquement à la présence de matière sombre (au sein des galaxies ntdr).

Pour être juste la justification de l'existence de la matière sombre repose sur l'observation des pics de puissance dans le spectre du CMB (Cosmic Microwave Background). Dans ce cas une explication de cette Dark Matter en faisant intervenir des composants de nature encore inconnue, cette interprétation paraissant plus simple que d'envisager une modification de la théorie de la gravitation.



- (a) Une concentration de masse positive crée un effet de lentille gravitationnelle qui affecte la lumière émise par une source distante ; Le faisceau de lumière converge.
- (b) Si cette lumière traverse une concentration de masse négative l'effet correspond alors à un effet de lentille gravitationnelle négatif, avec dispersion de la lumière.
- (c) Ici une masse positive se trouve entourée de masse négative qui crée un effet de répulsion dans le trou.
- (d) Si la lumière subit ces effets combinés ceci se traduit par un renforcement d'un effet de lentille gravitationnelle positif qu'un observateur interprète classiquement comme du à une concentration de Dark Matter de masse positive.

Le petit groupe des tenants de ce modèle Janus doivent convaincre la communauté des cosmologistes que leur modèle peut faire mieux que le modèle orthodoxe de « concordance »  [\$\Lambda\$ CDM standard model](#) où se combinent la matière ordinaire, une énergie noire (constante cosmologique  $\Lambda$ ) et de la matière

sombre qui parvient à rendre compte de presque tout avec seulement six paramètres libres, requis pour coller avec les données observationnelles, plus un champ additionnel pour rendre compte du phénomène de l'inflation juste après le Big Bang.

En conclusion je pense que Janus est un modèle cosmologique très intéressant, théoriquement plus solide que d'autres modèles alternatifs récemment présentés, mais dont le statut au sein de la communauté est loin d'être établi.

Le temps nous le dira.

**Riccardo Di Sipio** Université de Bologne

Physicien des particules [disipio@bo.infn.it](mailto:disipio@bo.infn.it)

A L'institut National de Physique Nucléaire , Frascati, département de Bologne

Responsable des séminaires [Gianpaolo.Vacca@bo.infn.it](mailto:Gianpaolo.Vacca@bo.infn.it)

[https://www.researchgate.net/profile/Riccardo\\_Di\\_Sipio](https://www.researchgate.net/profile/Riccardo_Di_Sipio)

<https://disipio.wordpress.com>

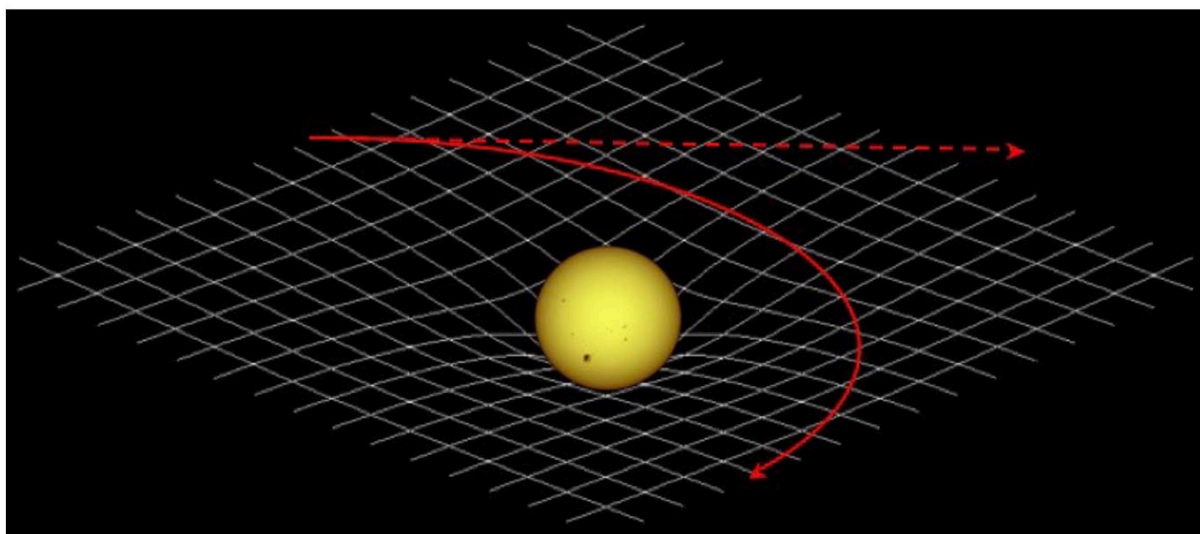
Texte original :

## The Janus Model

The existence of particles with negative energy, *i.e.* anti-matter, is [well established](#) and appears in probably [one too many](#) Hollywood movies. As a matter of fact, physicists tinkered with the possibility that also the *mass* of a particle [may be negative](#). However, in 1957 [Hermann Bondi](#) demonstrated that the interaction between positive- and negative-mass particle would give rise to a hypothetical phenomenon called “runaway motion” that made no sense at all and basically killed the idea. As I’ve already discussed in [a previous post](#), negative mass is a useful theoretical tool in the context of condensed matter and solid-state physics where [aggregates of particles](#) behave *as if* their mass was negative. Unfortunately, a *fundamental* particle with negative mass has never been observed so far and is inconsistent with the [Standard Model](#).

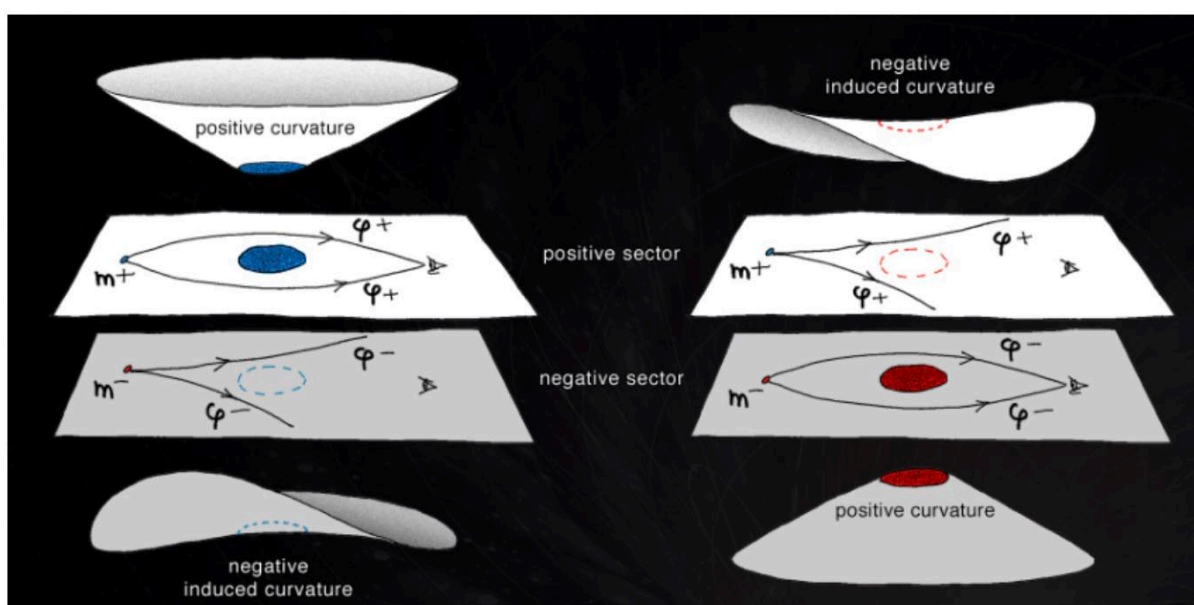
Clearly, this is not the end of the story. An alternative way to introduce negative mass is to first ask what would such an object look like. In the theory of gravitation, the effect of the presence of a mass is to “bend” the fabric of the space-time as a heavy weight would do if placed onto a mattress. The path of a smaller particle or that of a ray of light is deflected from a straight line and follows what is called a *geodesic trajectory*, *i.e.* the path of shortest “length” in the four-dimensional spacetime. If you think this way, the effect of negative-matter would be to “push” the spacetime, or — pay attention here! — to bend it *from below*. This is just a pictorial representation, but a more formal description exists, where the *curvature* of the geometry of spacetime is reversed. For example, while a positive mass would create a cone-like shaped depression, a negative-mass induces a saddle-like bump (which honestly looks more like a *Pringles* chip).





The presence of a (positive) mass creates a distortion in the spacetime that is visible by observing the path of a ray of light

So Petit's idea is to have two different spacetimes, each equipped with its own *metric tensor* to describe the geometry and measure distances between points. The two are "coupled" together in such a way that each other is aware of the presence of matter on the other side, and reacts to it by bending and stretching according to the **very same rules** discovered by Einstein.

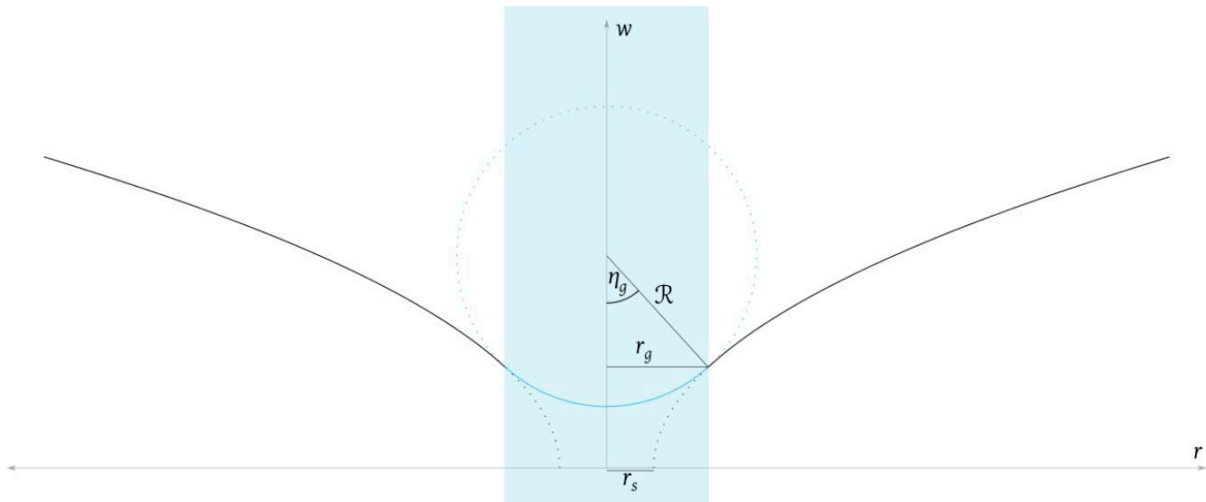


convergent lens. In the “upside down” it appears as a horse saddle and acts as a divergent lens. The same is true if a negative mass is present, but this time the effects are reversed.

Notably, this “trick” known as bi-metric extension of General Relativity or [Janus model](#) is able to introduce negative-mass matter with no risk of generating a runaway motion. When reduced to a regime where the Newtonian approximation is valid (*i.e.* low velocities, small masses, weak gravitational fields), the net effect can be summarized as follows:

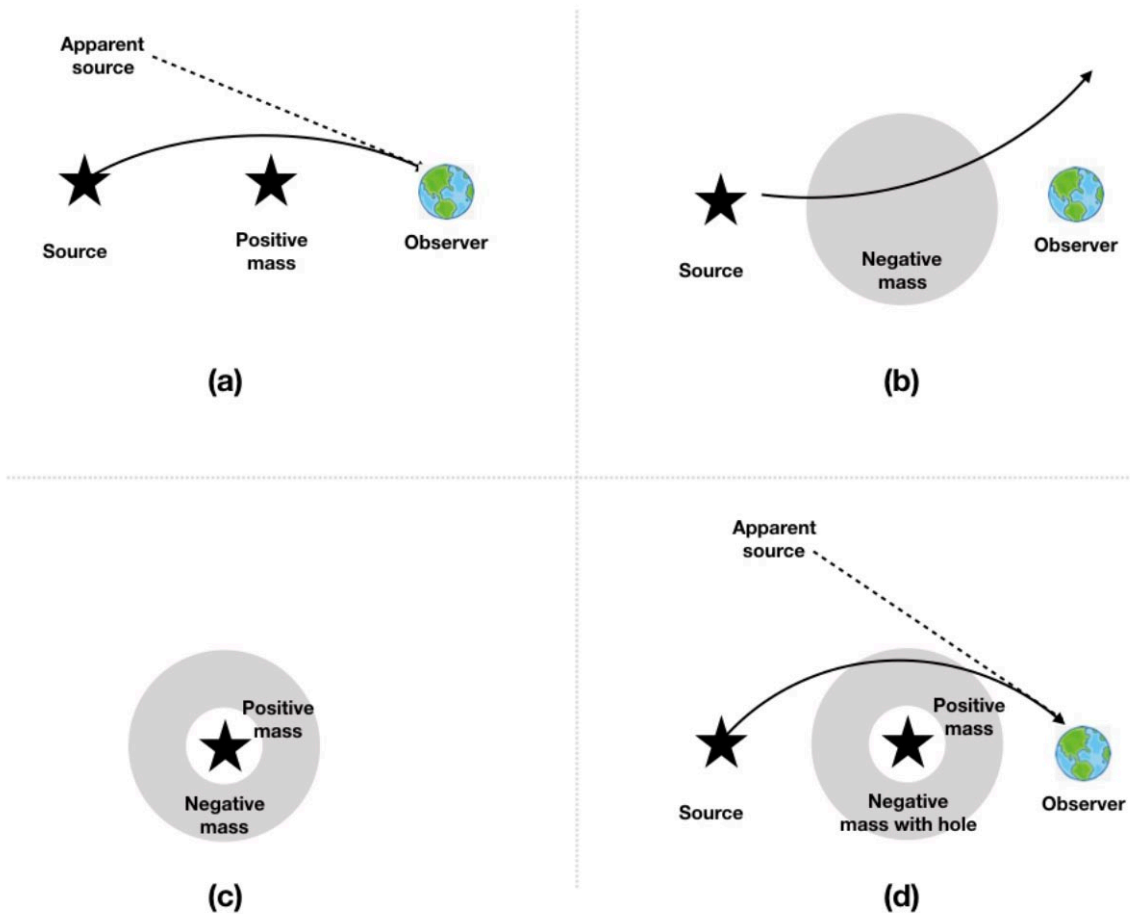
- Positive masses attract positive masses (Newton’s law)
- Negative masses attract negative masses (Newton’s law)
- Negative masses repel positive masses (anti-Newton’s law)

Also, it is worth noting that while positive masses emit “positive photons” that travel along positive-side geodetics, negative masses emit “negative photons” that travel along negative-side geodetics and never cross to the positive side. Hence, the only possible interactions between the two sides are of gravitational type, which also means that we will never be able to create or detect Dark Matter directly [in a laboratory](#). As a matter of fact, more recent studies claim that the Janus model is able to explain not only [Dark Matter](#), but also galactic dynamics (such as the formation of [spiral galaxies](#)), [Dark Energy](#) and even what happens inside the core of a Black Hole. Interestingly, these calculations are based on a solution of General Relativity called the [Interior Schwarzschild metric](#), which is poorly known to the broad public and seldom discussed even in textbooks. The equation deals with an incompressible, non-rotating fluid which in J-P Petit’s case is negative-mass matter, *i.e.* the source of Dark Matter.



The blue circular arc represents the interior metric, and the black arcs represent the exterior metric. The two solutions match at the interface. Curiously, there is no singularity at the centre.

As galaxy would be embedded in a sea of negative matter, light traveling from a distant point source towards the Earth would be deflected by the combination of regular matter and negative matter, causing an enhancement in the well-known effect of [gravitational lensing](#) that we interpret as the effect of Dark Matter. To be fair, evidence for the existence of Dark Matter comes also from the observation of peaks in the power spectrum of the [Cosmic Microwave Background](#) (CMB) radiation, for which an explanation of Dark Matter in terms of a still unknown species of regular matter still seems simpler than a modification of the theory of gravitation.



(a) Positive matter alone would deflect light from a distant point source only by a little, causing a small gravitational lensing effect. (b) Light traveling through negative matter instead would be deflected along a diverging path. (c) A positive-matter source embedding in negative matter would create a hole by repulsion. (d) Light traveling through a combination of the two would show an enhancement of gravitational lensing that observer would wrongly interpret as the effect of an unknown species of positive matter usually called Dark Matter.

The small group of proponents of the model have to convince the rest of the community of cosmologists that the Janus model can do better than the more orthodox “concordance”  [\$\Lambda\$ CDM standard model](#) consisting of regular matter, dark energy( $\Lambda$ ) and dark matter, which can explain almost everything we have observed so far with just six parameters to fit observational data, plus an additional field to account for the cosmic inflation right after the Big Bang.

In conclusion, I believe this is a very interesting cosmological model, theoretically more sound than other [similar alternatives](#) presented in the recent past, but whose status in the community of physicists is still uncertain. Only time will tell.

**Riccardo Di Sipio** Université de Bologne

Physicien des particules [disipio@bo.infn.it](mailto:disipio@bo.infn.it)

A L'institut National de Physique Nucléaire , Frascati, département de Bologne

Responsable des séminaires [Gianpaolo.Vacca@bo.infn.it](mailto:Gianpaolo.Vacca@bo.infn.it)

[https://www.researchgate.net/profile/Riccardo\\_Di\\_Sipio](https://www.researchgate.net/profile/Riccardo_Di_Sipio)

**<https://disipio.wordpress.com>**

