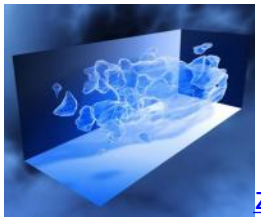
# Energie sombre, matière noire : faut-il revoir le cadre théorique qui explique l?Univers ?

Par ***mogirard***
Créé le ***29/10/2021 - 00:00***

## Edito : Energie sombre, matière noire : faut-il revoir le cadre théorique qui explique l?Univers ?

***Jeudi, 28/10/2021 - 23:00*** 0 commentaire




zoom

**APPEL aux DONS pour PERMETTRE A RT FLASH de CONTINUER A ÊTRE PUBLIÉ GRATUITEMENT CHAQUE SEMAINE.**

**Je ressens votre fatigue. Vous n'avez plus envie de lire mon avant-propos que je mets en tête de mon édito pendant la campagne de dons.**
**Dorénavant, je vous préciserai la somme collectée en 2021 depuis le début de la campagne et le nombre de donateurs.**
**Sachant qu'il faut que notre Association ADIST, qui gère RT Flash, perçoive globalement 15.000 € pour les 11 mois de parution (pas de parution en Août) soit 1360 € par mois, je vous indiquerai pendant la période de collecte des dons :**
**La somme perçue de puis le début de la campagne : 3.067 euros**
**Nombre de donateurs : 43**
**Avec cette somme, jusqu'à quelle date pourra paraître gratuitement, RT Flash chaque semaine, sans publicité : 7 Mars 2022**

**Si vous voulez aider RT Flash, lettre d'informations scientifiques, gratuite et sans publicité depuis 1998, appuyez sur le lien suivant :**

**Adhérez à notre Association ou faites un DON pour sauver RT Flash, vous bénéficierez d'une réduction fiscale de 66 %.**

**EDITORIAL :**

Depuis plusieurs décennies, astrophysiciens et cosmologistes buttent sur deux écueils considérables qui rendent impossible l?édification d?une théorie cohérente et globale de l?Univers : quelle est la véritable nature de la matière noire et de l?énergie noire, qui constituent ensemble 95 % du Cosmos (le reste étant fait de matière baryonique, celle qui forme notre monde matériel et que nous pouvons directement observer) ?

Il y a presque 90 ans, en 1933, l?astronome suisse Fritz Zwicky fut le premier à avoir envisagé la matière noire, qui fut formellement découverte en 1970 par l?astronome américaine Vera Rubin. En observant l?amas de galaxie « de la Chevelure de Bérénice », Fritz Zwicky observa que la masse gravitationnelle totale des galaxies était bien plus importante que celle observable par leur luminosité. Il en déduisit qu?il devait exister une matière invisible, exerçant une attraction gravitationnelle suffisamment forte pour assurer la cohésion des amas galactiques et empêcher leur éclatement.

Aujourd?hui, on considère que notre Univers serait composé, pour 68,3 % d'énergie noire, de nature inconnue, pour 26, 8 % de cette fameuse matière noire, dont on ne sait pas grand-chose et seulement pour 4,9 % de matière ordinaire (dite baryonique), dont est fait le monde qui nous entoure. Selon la théorie dominante, la matière noire serait composée de particules inconnues, appelées WIMP (Weakly Interacting Massive Particles ou particules massives à faible interaction), qui pourraient être des variétés inconnues de neutrinos, d?axons ou de quarks.

Pour essayer d?en savoir plus sur cette matière noire introuvable, une équipe de recherche internationale, regroupant des chercheurs du Laboratoire de physique de l?École normale supérieure et des scientifiques du CNRS, a récemment réalisé la plus grande carte de la matière noire dressée à ce jour ( La plus grande carte de la matière noire jamais réalisée | INSU (cnrs.fr) . Pour réussir cette prouesse, les chercheurs ont utilisé le phénomène de cisaillement gravitationnel qui provoque une déviation de la lumière en présence d?un champ gravitationnel. La matière noire entraîne en effet, à cause de la puissante gravitation qu?elle exerce, une déformation des images que nous recevons des galaxies, car les rayons lumineux sont déviés par ce phénomène. Grâce à un traitement informatique puissant des images recueillies, les scientifiques ont pu cartographier la présence de matière noire.

La grande nouveauté de cette carte est sa surface bien plus grande que celle des cartes précédentes : en exploitant les images provenant du Chili, dans le cadre du programme Dark Energy Survey, les chercheurs ont pu reconstituer le panorama global, dans les spectres du visible et de l?infrarouge, de plusieurs centaines de millions de galaxies. Le résultat est saisissant car il montre que cette matière noire couvre un quart du ciel de l?hémisphère sud. Mais dans une dizaine d?années, le futur télescope spatial Euclid permettra d?aller encore plus loin et de photographier des milliards de milliards de galaxies, ce qui permettra d?établir une cartographie de la matière noire à l?échelle de l?Univers tout entier.

En avril dernier, une étude réalisée par une équipe composée de chercheurs anglais, américains et australiens avec le télescope spatial européen Gaia, sur un courant d?étoiles baptisé Hercule, qui tournent autour de la Voie lactée, a montré que la rotation de la barre d?étoiles qui traverse le noyau de la Voie lactée, à la vitesse d?environ 240 km par seconde, connaît un ralentissement d?au moins 24 %

depuis sa formation (Voir Nature astronomy). « ***Nous avons pour la première fois des preuves de ce ralentissement »,*** souligne Ralph Schoenrich, cosignataire de l?étude. Selon cette étude, la cause de cet important ralentissement de la rotation de la Voie lactée est très probablement la matière noire.

Il y a quelques semaines, une autre étude menée par des chercheurs de l?Université de Californie à Riverside est venue poser l?hypothèse très intéressante que la matière noire pourrait se trouver dans une autre dimension de l?espace-temps. Une quatrième dimension « que seules les forces obscures connaissent », selon les chercheurs (Voir UC Riverside). La matière noire, comme son nom l?indique, n?émet aucune lumière visible ni aucun autre type de rayonnement électromagnétique, ce qui la rend très difficile à détecter. «***Ce qui est déroutant avec la matière noire, c?est que nous savons qu?elle existe, mais que nous ne savons pas comment la rechercher, ni pourquoi elle ne s?est pas présentée là où nous l?attendions*** », souligne Philippe Tanedo, auteur principal de l?étude.

Selon cette étude, il se pourrait que notre Univers comporte, non pas trois dimensions d?espace, mais quatre et ce serait dans cette dimension supplémentaire cachée que se trouverait la matière noire. Cette nouvelle théorie expliquerait pourquoi, en dépit de décennies d?observations, cette matière noire est restée indétectable. L?étude rappelle que l?hypothèse de dimensions supplémentaires est déjà présente en mathématiques pour décrire les « théories conformes des champs » ? une théorie quantique des champs qui décrit l?évolution de particules lors d?interaction. Pour rendre leur théorie cohérente, ces scientifiques ont utilisé le principe holographique du physicien américain Leonard Susskind qui postule que la quantité d'information contenue dans un volume d?espace dépend de son aire et non pas de son volume, et que toute cette information peut être décrite par une théorie qui se situe sur les bords de cette région. Dans cette étude, ces chercheurs ont notamment pu montrer que la force exercée par la matière noire pouvait expliquer les mouvements stellaires observés. « ***Notre modèle va plus loin et postule l?existence d?une quatrième dimension d?espace, qui permet de mieux expliquer que les hypothèses actuelles l?origine cosmique de la matière noire*** », souligne Philippe Tanedo.

Mais les physiciens ne sont pas seulement confrontés à ce mystère de la matière noire ; ils doivent également faire face, depuis la fin du siècle dernier, à la présence d?une toute aussi étrange énergie noire (ou sombre) qui semble remplir tout notre Univers et exerce une pression négative qui vient s?opposer à la gravitation. L'existence de l'énergie noire est nécessaire pour expliquer pourquoi l?expansion de l?Univers ne semble pas constante et s?est accélérée au cours des 6 derniers milliards d?années, comme l?ont montré en 1998 les chercheurs Saul Perlmutter et Adam Riess, qui se sont partagés le prix Nobel de physique 2011. Bien que possédant une densité très faible (de l'ordre de 10?29 g/cm3), l'énergie noire, découverte en 1998 par Dragan Huterer and Michael S. Turner, est à présent considérée comme une force fondamentale de l?Univers.

Pour certains physiciens, l'énergie sombre ne serait autre que l?énergie du vide quantique, représentée par la fameuse « constante cosmologique », une valeur imaginée, puis rejetée, par Albert Einstein. Cette constante cosmologique suppose que la densité de l'énergie sombre est à la fois constante ? elle ne varie pas dans le temps ? et uniforme dans tout l'Univers. Elle présente l?avantage de bien rendre compte des observations cosmologiques. Mais pour d?autres physiciens, l?énergie sombre aurait une intensité qui varierait dans le temps et sa nature réelle resterait donc à découvrir.

Un nouvel outil installé dans l?observatoire de Kitt Peak, en Arizona, pourrait bien permettre de trancher enfin entre ces deux hypothèses. Cet instrument sur lequel les cosmologistes fondent beaucoup d?espoirs s?appelle Desi (Dark energy spectroscopic instrument). Depuis sa naissance il y a 13,8 milliards d'années, nous savons que notre Univers est en expansion. Mais ce que nous avons appris, c?est que la

vitesse de cette expansion n?est pas la même depuis le Big Bang. Dans une première phase de 7,6 milliards d?années, cette vitesse a d'abord diminué, sous l'effet de la matière ordinaire, mais aussi de la matière noire, contenues dans l?Univers. Pourtant, il y a 6,2 milliards d'années, ce processus s?est inversé, pourquoi ? Parce que, selon la théorie dominante, la quantité totale de matière dans l?Univers (quantité fixe depuis le Big Bang) ne cesse de se diluer à mesure que le volume de l'Univers grandit. A contrario, la puissance de l'énergie noire, dont l'effet répulsif accélère l'expansion, est proportionnelle à l'espace. Or, il y a 6,2 milliards d'années, l'Univers est devenu assez grand pour que la force répulsive de l'énergie noire l?emporte sur celle, attractive, de la matière, ce qui a provoqué une accélération croissante de l?expansion de l?Univers.

Desi, qui rassemble 500 chercheurs issus de 13 pays différents, s?est fixé comme objectif d?élucider les causes réelles de cette accélération continue, en ?uvre depuis six milliards d?années. Dans notre Univers en expansion, les galaxies s'éloignent les unes des autres de plus en plus vite, ce qui se manifeste par un phénomène bien connu, appelé vitesse de récession, par lequel la lumière émise par ces galaxies est de plus en plus décalée vers les grandes longueurs d'onde (en l?occurrence le rouge) par effet Doppler, de la même manière que le son d?une sirène d'ambulance nous semble de plus en plus grave, à mesure que cette ambulance nous a dépassés et s?éloigne de nous.

Pour observer et mesurer ce décalage (les redshifts galactiques), Desi est équipé de 5000 capteurs à fibre optique, capables, grâce à un système unique de commande robotisé, de pointer en même temps dans 5.000 directions différentes. Les signaux lumineux ainsi recueillis sont ensuite acheminés par fibre optique à dix spectrographes -fabriqués par la société française Winlight System, basée dans le Vaucluse. Cet extraordinaire système d?analyse spectral est capable de décomposer la lumière de 5.000 objets célestes en moins d?une demi-heure et Desi devrait être en mesure, d?ici 2026, de passer au crible 35 millions de galaxies et 2,5 millions de quasars, ce qui permettra d?établir la carte 3D de l'Univers la plus précise jamais réalisée !

En analysant la lumière de quasars distants, et donc vieux de plus de douze milliards d?années, les scientifiques espèrent que Desi sera enfin en mesure de trancher de manière nette entre les deux grandes théories en compétition quant à la nature de l'énergie noire. Si les chercheurs mettent en évidence un rapport de pression constante sur densité variable, il faudra en déduire qu?il existe bien une nouvelle forme d?énergie de nature physique. Mais si les chercheurs observent au contraire un rapport de pression constante sur une densité fixe, cela voudra dire que l'énergie noire est bien la manifestation de cette fameuse constante cosmologique qu?Einstein avait pressentie?

Le problème est qu?actuellement les scientifiques s?opposent sur la vitesse exacte de l?expansion cosmique - la fameuse constante de Planck -, car celle-ci est sensiblement différente, selon la méthode utilisée. Si l?on utilise la technique basée sur l?analyse de la luminosité d'étoiles servant de repères (céphéides, supernovae de type Ia), on obtient une valeur d?expansion de 74 km par seconde et par mégaparsec (un parsec est une unité astronomique égale à 3,26 années-lumière, un mégaparsec correspond donc à 3, 26 millions d?années-lumière). Mais si l?on utilise l?autre méthode, reposant sur l?analyse par le satellite Planck des fluctuations de l'Univers primordial, on obtient une valeur nettement inférieure de 67 km par seconde et par mégaparsec. En fonction de la valeur d?expansion que trouvera Desi, les scientifiques devraient donc être en mesure de savoir si cette énergie noire est bien la constante cosmologique d?Einstein ou la manifestation d?une nouvelle force encore inconnue?

Reste que certains astrophysiciens commencent à se dire que, si au terme de décennies d?efforts, ils n?ont toujours pas réussi à découvrir la véritable nature de la matière et de l?énergie noire, cela est peut-être le signe qu?il faut changer d?approche conceptuelle et revoir radicalement le rôle et la place de la

gravité, comme force fondamentale dans notre Univers, ce qui permettrait également d?articuler enfin de manière cohérente la relativité générale (théorie de la gravitation) et la physique quantique (qui régit le monde des atomes et des particules).

En 1995, le physicien Eric Verlinde a proposé une nouvelle théorie très audacieuse qui continue à alimenter des débats passionnés au sein de la communauté scientifique. Selon cet éminent théoricien, la gravité ne serait pas une force fondamentale de la nature, mais devrait être considérée comme un phénomène émergent, à l?instar de la chaleur qui résulte du mouvement de particules microscopiques. Verlinde souligne que si l?on accepte de considérer la gravitation comme un effet secondaire dans l?Univers et non comme une force fondamentale, il n?est plus nécessaire de trouver la nature de la matière noire, car on peut alors expliquer le comportement des galaxies sans cette dernière. « ***Nous avons des preuves que cette nouvelle vision de la gravité est en accord avec les observations et à de très grandes échelles, il semblerait que la gravité ne se comporte pas de la manière dont elle est décrite dans la théorie d?Einstein*** ».

Verlinde est persuadé que le n?ud du problème réside dans la façon dont la gravité émerge au niveau microscopique. Il postule que la gravité est un phénomène émergent qui naît de l?entropie de l?Univers, c?est-à-dire de la déperdition inévitable et croissante d?énergie sous forme de chaleur prévue par le second principe de la thermodynamique. Poursuivant son raisonnement, Verlinde pense qu?il est possible de mesurer cette entropie par la quantité d?information qu?il faut pour décrire un système : plus celui-ci sera désordonné (donc entropique), plus il faudra une grande quantité d?informations pour le décrire. La théorie de Verlinde relie également l?entropie à ce que l?on appelle le principe holographique, théorisé par les physiciens Gerard 't Hooft et Leonard Susskind à la fin du siècle dernier. Selon ce principe, il existerait des informations fondamentales stockées dans le tissu spatio-temporel et toute l'information contenue dans un volume d'espace pourrait être décrite par une théorie qui se situe sur les bords de cette région. Pour Verlinde, comme pour Susskind, l?application de ce principe holographique permet de concevoir une force entropique qui agit, in fine (du fait de l?évolution statistique des degrés de libertés des composantes d'un système sur une surface holographique), comme la gravité.

Il y a quatre ans, une équipe de chercheurs de l?Université de Leiden, aux Pays-Bas, dirigée par Margot Brouwer, a testé la théorie de Verlinde en mesurant la répartition des forces gravitationnelles dans un échantillon de 33 000 galaxies en utilisant l?effet de lentille gravitationnelle prédite par la théorie de la relativité générale d?Einstein. Ces scientifiques ont effectivement montré qu?en appliquant les calculs de la théorie de la gravité émergente de Verlinde, ils pouvaient parvenir aux mêmes résultats sans avoir à recourir à l?idée de matière noire. Ces travaux semblent donc établir que, au moins pour ces observations, la théorie de la relativité générale d?Einstein et celle de Verlinde avaient la même efficacité (Voir Oxford Academic).

Le physicien français Aurélien Barrau souligne que la théorie proposée par Verlinde lui semble très féconde, dans la mesure où elle permet de développer une conception thermodynamique de la gravitation et d?articuler d?une manière nouvelle les trois grandes théories de la physique, la physique quantique, la thermodynamique, avec son fameux second principe d?entropie (élaborée entre 1820 et 1865 par Carnot, Kelvin et Clausius) et la relativité générale d?Einstein. Barrau souligne, par ailleurs, que dans la théorie de la gravité entropique de Verlinde, les équations d?Einstein peuvent rester valables, mais deviennent de simples équations d?état.

On le voit, la cosmologie est à la croisée des chemins et devra sans doute, pour dépasser les écueils redoutables que constitue la nature de la matière et de l?énergie noire, revoir la nature et le rôle de la gravitation, comme force fondamentale de l?Univers, mais aussi de l?information, qui pourrait bien être

une composante essentielle du Cosmos. Les nouveaux outils d?observation et d?analyse qui seront prochainement opérationnels devraient permettre d?accomplir de nouvelles avancées décisives dans la connaissance de la nature profonde de notre Univers et dans la compréhension des forces et des principes qui en régissent son fonctionnement et son évolution.

René TRÉGOUËT

Sénateur honoraire

Fondateur du Groupe de Prospective du Sénat

e-mail : tregouet@gmail.com

## Noter cet article :

## Recommander cet article :

- 
- Tweeter
- 

- **Nombre de consultations :** 0
- **Publié dans :** Cosmologie et Astrophysique
- **Partager :**
  - Facebook
  - Viadeo
  - Twitter
  - Wikio

Cosmologie et Astrophysique années-lumière atomes attractive Barrau chaleur chaos constante cosmos décalage Desi désordre distance Einstein Energie énergie noire entropie équations Espace étoiles expansion force galaxies gravitation gravité holographique information interaction masse matière matière noire ondes parsecs particules Perlmutter Planck planètes quasars redshifts répulsive rouge Rubin spectre statistique surface Süskind Taledo temps théorie thermodynamique univers Verlinde volume WIMP Zwicky

---

**URL source:** https://www.rtflash.fr/energie-sombre-matiere-noire-faut-il-revoir-cadre-theorique-qui-explique-l-univers/article