

Cosmologie : Nouveau bricolage ou changement de paradigme

Par Jean-Pierre Petit, ancien directeur de recherche au CNRS

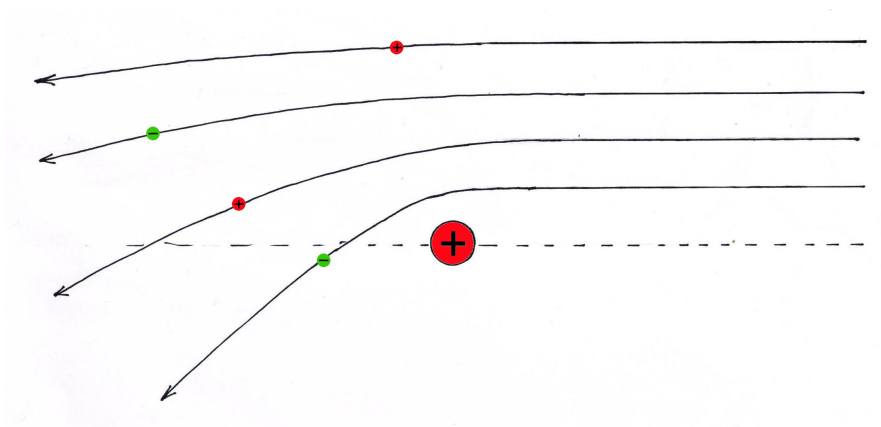
La cosmologie est entrée dans une crise sérieuse à la fin des années soixante dix, quand il s'est avéré que la relativité générale nécessitait des retouches, ô combien coûteuses, représentées par l'introduction de la matière sombre, de l'énergie noire et du processus de l'inflation cosmique. Elle a perdu du même coup sa « pureté géométrique ». Dans ce contexte nous faisons figure de franc-tireurs.

Le modèle cosmologique Janus est une création de physiciens, basé sur une démarche heuristique. Celle-ci consiste à partir d'un certain nombre d'hypothèses, avec lesquelles on se propose de jouer, en cherchant d'abord si celles-ci s'avèrent fécondes vis à vis de conformations observationnelles, puis en cherchant alors à relier ces hypothèses à un contexte mathématico-géométrique cohérent.

D'emblée, du fait d'un choix heuristique des lois d'interaction entre masses positives et masses négatives, le modèle annonce une nécessaire extension de la relativité générale. En effet quand cette introduction a été tentée, en 1957 par le cosmologiste Hermann Bondi, le résultat s'est avéré catastrophique. La relativité générale postule que les trajectoires des objets du cosmos, qu'il s'agisse de masses ou de photons, doivent être identifiées à des solutions de la célèbre équation trouvée par Albert Einstein. Ci-après, sans sa constante cosmologie, telle qu'elle fut introduite en 1915.

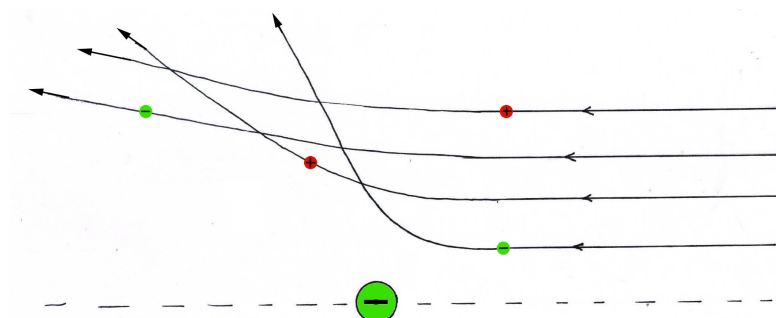
$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \chi T_{\mu\nu}$$

Cette équation est à même de donner la forme de ces trajectoires dans le champ gravitationnel créé par une masse. Si c'est une masse positive, ces trajectoires ont cette allure. Et celles-ci sont suivies par toutes les masses, qu'elles soient positives (petits disques rouges) ou négatives (petits disques verts).

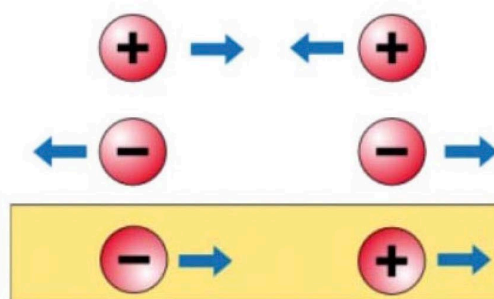


On en conclut que les masses positives attirent aussi bien les masses de même signe que les masses négatives, de signe opposé.

Si on interroge une nouvelle fois cette équation en lui demandant de fournir les trajectoires suivies par des masses-témoins sous l'effet du champ gravitationnel créé par une masse négative, on obtient ceci :



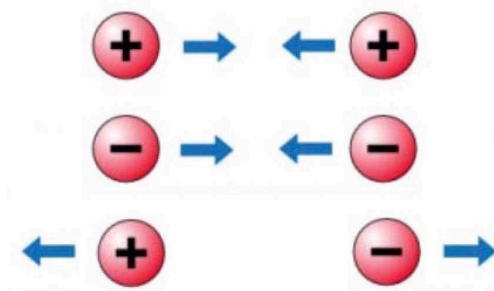
On en déduit que les masses négatives repoussent aussi bien leurs semblables que les masses positives. Il en résulte le schéma d'interaction ci-après :



Comme on peut le voir, en bas, quand deux masses de signes opposés sont mises en présence la masse positive s'enfuit, poursuivie par la masse négative. Ce schéma viole alors le principe d'action-réaction, fondamental en physique (« tu me pousse, je te pousse, tu me tires, je te tire »). Ces deux masses accélèrent alors uniformément, sans apport d'énergie, puisque l'énergie cinétique de la masse négative $\frac{1}{2} m V^2$ est négative. On a qualifié ce phénomène « d'effet runaway » (qui veut dire « partir au loin »). Impossible de faire de la physique avec une pareille affaire. Ainsi, depuis 1957, les théoriciens vivent-ils sur la conclusion émise en 1957 :

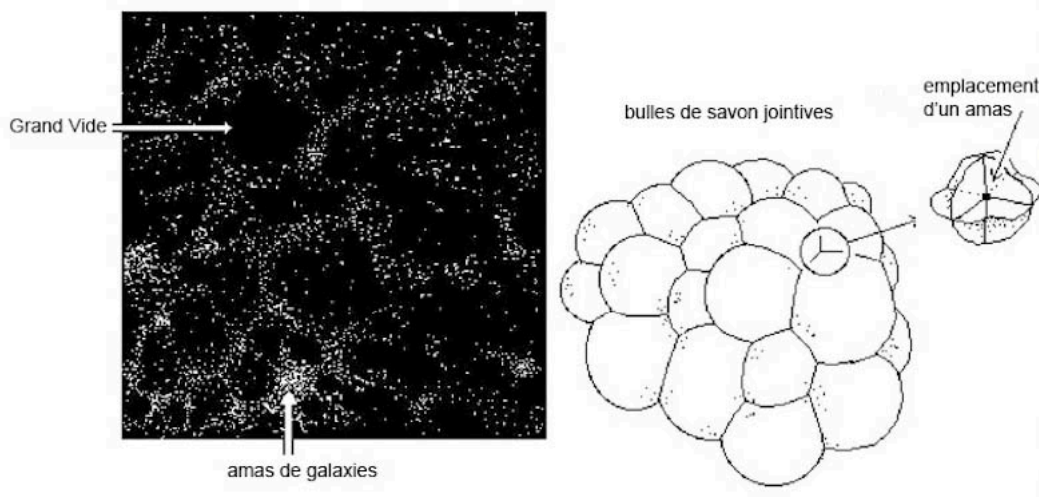
les masses négatives ne peuvent faire partie de la physique.

A la fin des années quatre-vingt, nous avons opté pour les lois, heuristiques :



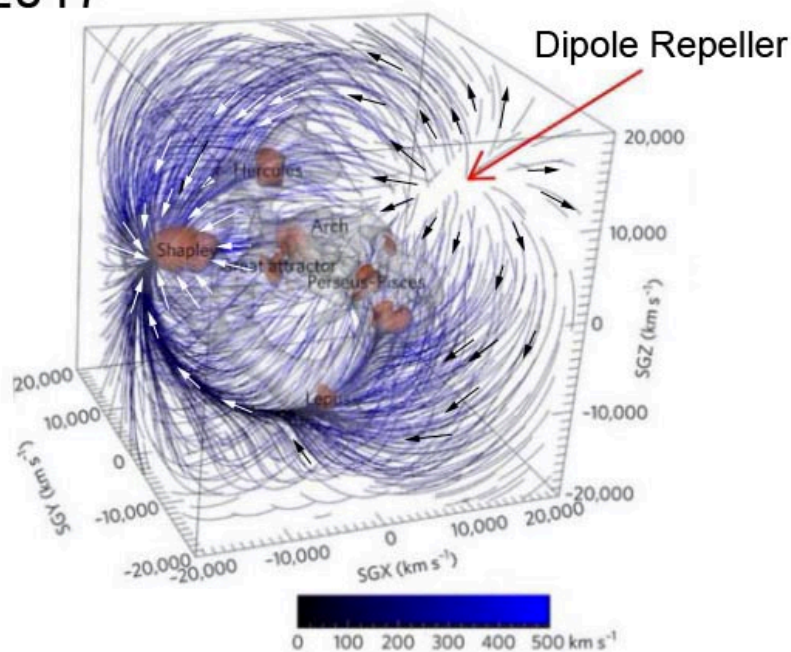
Et nous avons testé cette dynamique hypothétique à l'aide de simulations numériques, en ajoutant une hypothèse supplémentaire selon laquelle les masses négatives dominaient, dynamiquement. Un monde donc foncièrement dissymétrique. Une masse

de résultats fut alors au rendez-vous. Vis à vis de la structure à très grande échelle de l'univers les masses négatives donnaient naissance à un ensemble de conglomérats sphéroïdaux, confinant la masse positive dans l'espace restant, ce qui avait pour effet de lui conférer une structure évoquant des bulles de savons jointives.



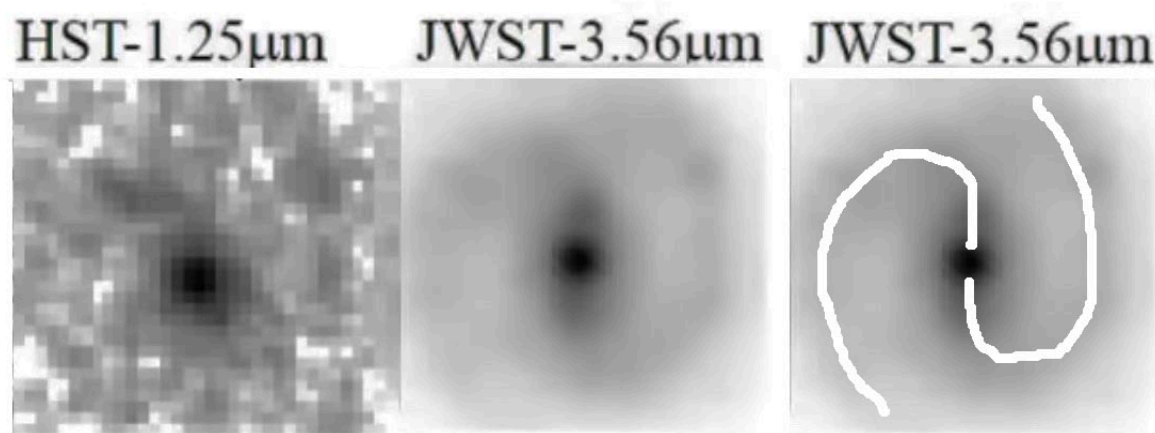
Il doit donc exister dans l'univers des grandes régions, apparaissant vide, puisque les objets négatifs qui s'y trouvent, et qui repoussent les galaxies, émettent des photons d'énergie négative, qui échappent à l'observation. Et effectivement, dès 2017, une cartographie donnant le champ des vitesses dans un cube d'un milliard et demi d'années lumière de côté, due à Hélène Courtois, Yeudi Hofman, Brent Tully et Daniel Pomarède, fait état de l'existence d'une telle région, située à 600 millions d'années-lumière de notre galaxie et d'une centaine de millions d'années lumière de diamètre :

2017



L'explication fournie par le modèle Janus est la seule en lice actuellement, ce que l'on peut aisément constater en composant « dipole repeller » sur le moteur de recherche Google Scholar. On ne peut invoquer un vide dans la distribution de matière sombre, de masse positive et auto-attractive. En effet l'instabilité gravitationnelle produit des « grumeaux », pas des vides¹.

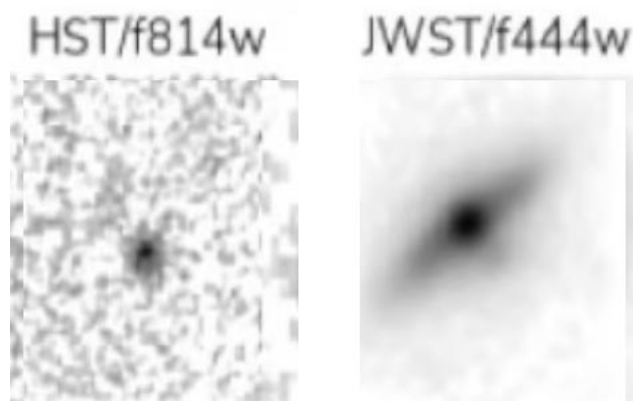
Fin 2022²- début 2023 les premières images du télescope spatial James Webb tombent, qui sidèrent les astronomes et astrophysiciens. Il y a d'abord une comparaison qui est effectuée entre les images de galaxies lointaines avec les mêmes clichés, antérieurement produits par le télescope spatial Hubble. Ce dernier avait une faible capacité d'exploration de l'infrarouge proche, jusqu'à une longueur d'onde de 2,5 microns. Le James Webb va jusqu'à 28 microns. Les images des objets très lointains sont « redshiftées ». Ci-après l'image de la même galaxie. A gauche à l'aide de Hubble, à droite à l'aide du James Webb.



Hubble ne captait que la lumière émise par la partie centrale de la galaxie, par les jeunes étoiles de son « bulbe ». Le James Webb révèle une structure dix fois plus étendue, avec une structure de spirale barrée parfaitement développée. L'explication : ce cliché de Hubble correspond à une émission dans les longueurs d'onde ultraviolettes, glissant dans l'infrarouge par effet de redshift, qui ne montre que les étoiles jeunes. Le James Webb donne accès à des informations totalement différentes, correspondant aux étoiles de seconde génération, situées dans le disque ultra-mince des galaxies spirales. Ci-après, une galaxie, image du télescope Hubble, puis du télescope James Webb qui montre qu'il s'agit d'une galaxie spirale, spirale vue par la tranche.

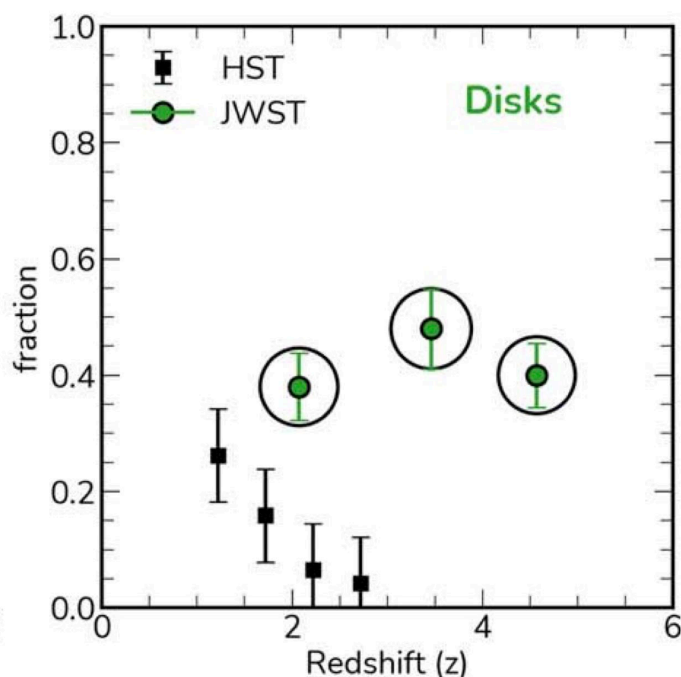
¹ http://www.savoir-sans-frontieres.com/JPP/telechargeables/Francais/Mille_Milliards_de_Soleils.pdf

² <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ac947c/pdf>



A gauche l'image de Hubble, à droite, par le James Webb

Le diagramme ci-après montre le pourcentage de galaxies spirales, les carrés noirs correspondant aux données de Hubble et les cercles verts à celles du JWST.



L'accroissement du redshift z traduit une progression dans le passé. On voit que les données de Hubble suggéraient que ces formations n'apparaissent que tardivement, alors que celles du JWST montre qu'autour d'un milliard d'années elles représentaient 40 % des objets recensés.

La sensibilité du JWST dans l'infrarouge (28 microns) montre qu'il doit être capable d'obtenir des images d'objets âgés de seulement 250 millions d'années. D'ores et déjà des images de galaxies spirales entièrement formées, dont les masses sont de 10^{10} à 10^{11} masses solaires, ont été collectées et dont l'âge est de 500 à 700 millions d'années, la seconde valeur correspondant à la masse de notre propre galaxie, la voie lactée.

Que prévoyait le modèle mainstream Λ CDM ? Même en dotant la matière sombre de propriétés ad hoc celui-ci est incapable de donner naissance à autre chose qu'à des sortes de mini-galaxies. Ce schéma semblait conforté par le fait qu'au-delà de $z = 7$, qui correspondant à une époque antérieure à 7 milliards d'années les données photométrique concluait qu'il s'agissait de galaxies naines. Les théoriciens s'attendaient donc, sur les images du JWST, à trouver des galaxies naines en train de fusionner, et non de spirales entièrement formées. Ils se trouvent placés dans l'impossibilité d'adapter les paramètres de leur matière sombre, qui de toute façon était censée mener le jeu, pour l'amener à produire des objets aussi massifs. Et on entend certains suggérer de faire jouer une « gravitation modifiée », le modèle MOND, de l'israélien Mordechai Milgrom.

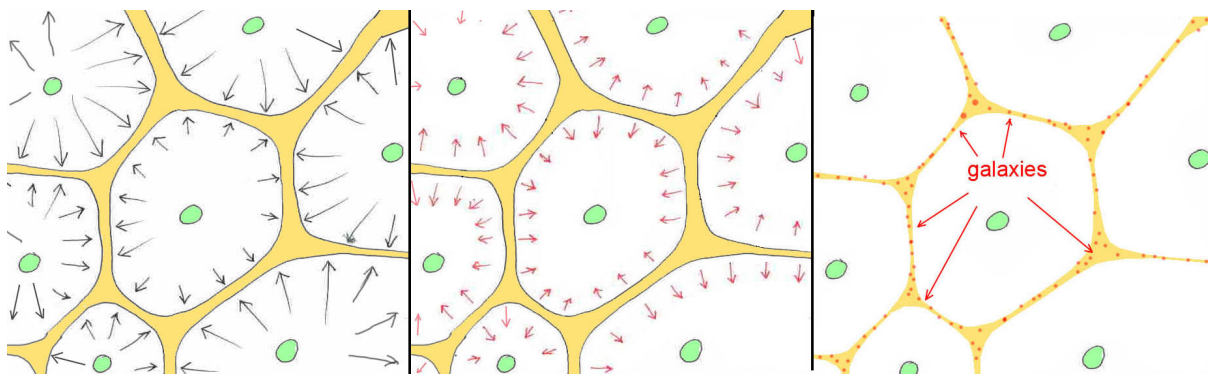
Encadré : l'origine du modèle MOND :

Si on considère une masse évoluant selon une orbite circulaire à une vitesse V elle est soumise à une accélération centrifuge en V^2/r , qui doit être contrebalancée par la force de gravité créée par la masse M de la galaxie. Pour que cette vitesse V présente un palier, soit constante en périphérie galactique, il faut donc que dans cette région la force de gravité soit en $1/r$ et non en $1/r^2$ (modèle Newtonien). Un artifice exempt de toute base ontologique, géométrique.

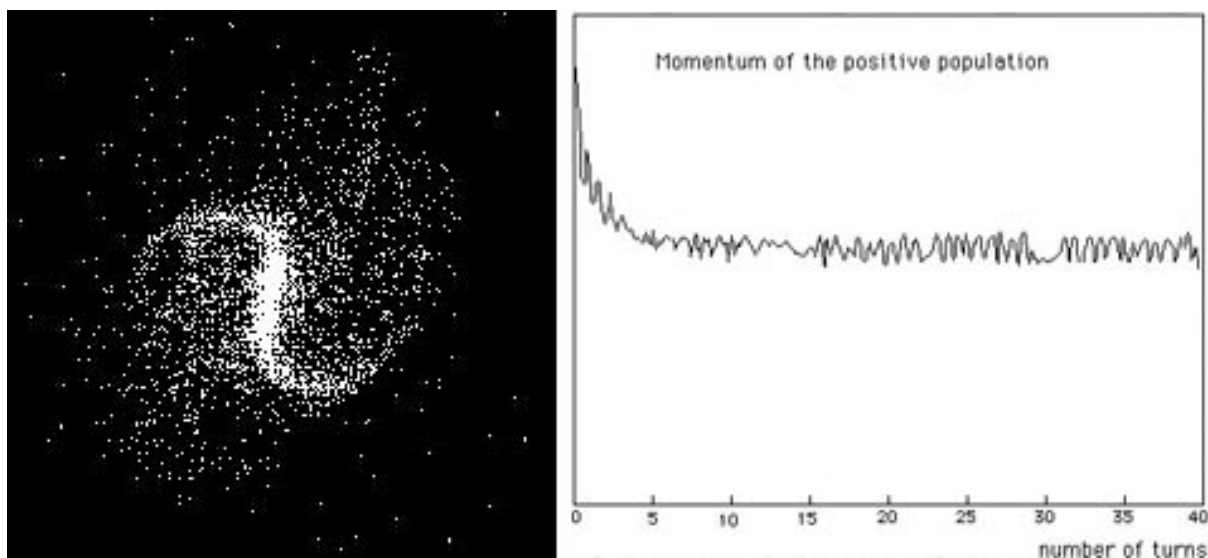
Si les théoriciens en sont au point d'envisager de se rabattre sur une solution dénuée de toute consistance mathématique, que dit le modèle Janus ?

Primo il impute ce « nanisme » des objets à fort redshift à un effet de lentille gravitationnel négatif subi par la lumière émise par ces objets très distants, lorsqu'elle traverse, librement les conglomerats de masse négative. Ceux-ci jouent alors l'effet de « lentille divergentes », atténuant à chaque fois la luminosité des objets. Au passage ce même effet devrait permettre de révéler la forme et le diamètre de l'objets constituant le « dipole repeller ».

Par ailleurs on a vu, quand la structure à très grande échelle se constitue, que la matière commençait par adopter la forme de bulles de savon jointives. Chaque paroi de ces bulles se trouve ainsi comprimée par deux conglomerats de masse négative adjacents, ce qui entraîne une immédiate et forte montée en température. Mais à la différence des objets sphéroïdaux auxquels donne naissance l'instabilité gravitationnelle, ces plaques peuvent alors très vite dissiper l'énergie par rayonnement. Or il est essentiel que cette énergie soit dissipée pour permettre à l'instabilité de se manifester. Sinon les forces de pression s'opposent à la contraction.



Depuis 1994, où ce schéma avait été décrit dans la revue *Nuovo Cimento*, le modèle prédit que toutes les galaxies se forment dans la première centaine de millions d'années selon les masses et les formes qu'on leur connaît dans notre proche environnement. Les moyens informatiques actuels, dont nous ne disposons pas, devraient permettre de produire des films montrant la formation des galaxies. Confinées par leur environnement de masse négative, ces galaxies interagissent aussitôt avec celui-ci par l'intermédiaire d'ondes de densité, qui participent d'un phénomène dissipatif, pérenne, à travers lequel les galaxies transmettent une part de leur moment cinétique à leur environnement. Dès 1992 des simulations 2D avaient montré qu'une structure de spirale barrée perdurait ainsi pendant plus de trente tours, ce qu'aucun modèle actuel n'a permis d'obtenir.



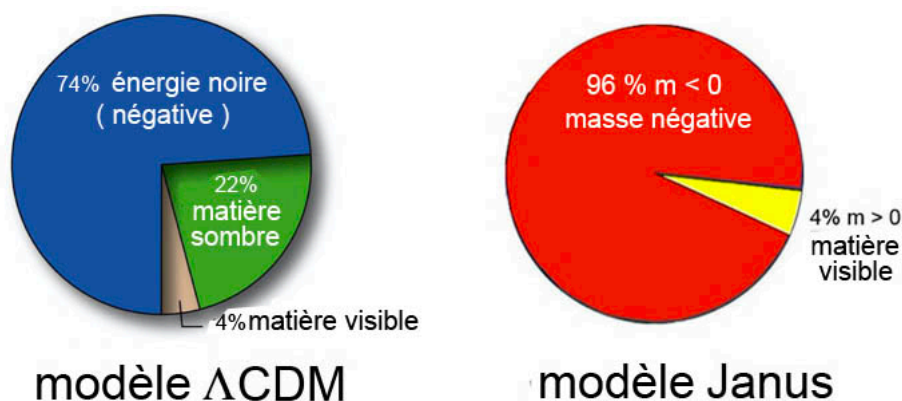
A droite la perte de moment cinétique, très forte au moment où la galaxie se forme.

Les autres théoriciens introduisent ces structures en tant que conditions initiales, mais les voient aussitôt disparaître, comme des gens qui voudraient comprendre comment fonctionnent les vagues de la mer, en oubliant ce qui les crée et les entretient : le vent.

Très récemment les observateurs se sont montrés surpris de constater la présence de gaz intergalactique très chaud, doté de températures allant de un à dix millions de degrés. Là encore, sa présence va de pair avec une naissance très précoce des galaxies et des étoiles, selon deux scénarios. Cette phase de compression, échauffement, suivie d'un rapide refroidissement radiatif devrait donner naissance, massivement, aux étoiles de première génération, celles qu'on retrouve, par exemple, dans les centaines d'amas globulaires de notre propre galaxie. Les galaxies les plus massives, dans leur phase primordiale, se comportent alors comme des fours, où le gaz résiduel est chauffé et ce phénomène confère aux atomes qui le constituent une vitesse d'agitation thermique excédant la vitesse de libération de la galaxie, qui perd tout son gaz et devient alors une « elliptique ». Les galaxies plus légères, dont les premières étoiles naissent dans un ensemble de centaines d'amas globulaires, se comportent également comme des fours. Mais la vitesse d'agitation thermique acquise par le gaz résiduel reste inférieure à la vitesse de libération. Cela ne fait que créer une belle gazeuse de plus grand diamètre. Ces bulles gazeuses interagissent alors avec les autres galaxies, par collisions, et ceci se traduit par une mise en rotation de ces ensembles gazeux. Avec le temps ce gaz se refroidit par pertes radiatives. Conservant son moment il prend alors la forme d'un disque très mince. Dans ces galaxies l'ensemble des amas globulaires, comprenant une centaine de milliers d'étoiles, ne tourne pas, conserve une géométrie quasi sphéroïdale et se présente comme le fossile de la galaxie, dans son état le plus primitif.

Au moment de la formation des galaxies la masse négative s'infiltrerait immédiatement dans l'espace intergalactique et la contre-pression qu'elle exerce assure leur confinement. Ces galaxies interagissent immédiatement avec cet environnement à travers des ondes de densité (barre+spirale), qui se forment donc aussi très tôt et perdurent sans limitation de temps. Ces inhomogénéités ont leur contrepartie, invisible, dans l'environnement de masse négative et l'interaction entre ces deux structures assure un transfert à bas flux, de moment cinétique. Comparables à des ondes de choc, dont les fronts sont tournés vers leur concavité, elles suscitent la naissance d'étoiles « secondaires » qui, en interagissant avec les paquets de gaz, migreront hors du disque de gaz où elles sont nées.

Le modèle Janus, qui a fait l'objet de nombreuses publications dans des revues de haut niveau, a de nombreuses autres prétentions concernant l'accord avec les données observationnelles. Dans celui-ci la masse négative produit tous les phénomènes qui, dans le modèle Λ CDM nécessitent le recours aux deux ingrédients qui sont la matière sombre et l'énergie noire (ou son équivalent en masse) :



Il produit entre autre une solution mathématique qui colle très bien avec les données de 700 supernovae de type Ia, et qui rend parfaitement compte de l'accélération de l'expansion cosmique. Pour plus d'information se référer à la conférence donnée par l'auteur à Paris, le 14 janvier 2023³. Mais alors, comment se fait-il que la communauté des spécialistes ne lui porte aucun intérêt ? La raison est à rechercher dans deux articles publiés en 2019 et 2022 dans sa page de l'Institut des Hautes Etudes par l'académicien Thibault Damour⁴, qui prétend y dénoncer « l'incohérence mathématique et physique de ce modèle », qui fait de l'équation d'Einstein une des deux équations de l'ensemble Janus :

$$R_{\mu\nu}^{(+)} - \frac{1}{2}R^{(+)}g_{\mu\nu}^{(+)} = \chi \left[T_{\mu\nu}^{(+)} + \sqrt{\frac{g^{(-)}}{g^{(+)}}} \hat{T}_{\mu\nu}^{(-)} \right]$$

$$R_{\mu\nu}^{(-)} - \frac{1}{2}R^{(-)}g_{\mu\nu}^{(-)} = -\chi \left[\sqrt{\frac{g^{(+)}}{g^{(-)}}} \hat{T}_{\mu\nu}^{(+)} + T_{\mu\nu}^{(-)} \right]$$

En 2014-2018⁵ ce système a pourtant produit une solution exacte et rigoureuse, rendant compte de l'accélération de l'expansion. Actuellement, s'agissant de décrire la géométrie dans et à l'extérieur des masses, il limite ses applications aux situations « quasi Newtoniennes », lesquelles représentent 99 % des phénomènes de l'univers (étoiles, galaxies, planètes). Mais la plupart des spécialistes ne font que se référer aux conclusions de l'académicien, sans chercher à voir plus loin.

³ <https://youtu.be/9LxU0BSTmLs>

⁴ Damour IHES janvier 2019 : <https://www.ihes.fr/~damour/publications/JanusJanvier2019-1.pdf>

Damour IHES décembre 2022 : <https://www.ihes.fr/~damour/publications/JanusDecembre2022c.pdf>

⁵ En 2014, dans Astrophysics and Space Science : <http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/2014-AstroPhysSpaceSci.pdf> et en 2018 dans la même revue : <http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/2018-AstroPhysSpaceSci.pdf>

Les exemples historiques sont nombreux : aucun modèle n'émerge, d'emblée, dans une forme totalement fonctionnelle. Les auteurs du modèle Janus s'aventurent dans un cadre mathématique et géométrique totalement vierge sur lequel planchent actuellement très activement des mathématiciens-géomètres. De leurs creusets émergera peut-être bientôt un modèle dont Janus n'aura été alors que le brouillon. Mais, étant donné le nombre remarquable d'accords avec l'observation cette ébauche de modèle semble mieux se rapprocher de la Nature, phénomène, ce qui ne fait que se confirmer avec le temps. A l'inverse, les scientifiques commencent à envisager l'échec, après 40 années, des tentatives de mise en évidence de la matière sombre. Par ailleurs, vouloir situer l'énergie noire dans les galaxies, en ajoutant, comme dans un récent article paru dans *Astrophysical Journal*, que celle-ci, par un mécanisme qui resterait à décrire, croîtrait comme le cube du facteur d'échelle cosmique, relève plus du fantasme que de la science, tout en contredisant au passage la Relativité Générale, avec ajout de la « constante cosmologique », laquelle impose que cette énergie soit la même en tout point de l'espace. .

Au XVII^e siècle, avant que Toricelli n'introduise le concept nouveau de pression atmosphérique, d'aucuns croyaient que l'horreur du vide faisait monter le mercure dans les baromètres. Si l'Italien n'avait pas imposé ses vues, on aurait alors établi les lois de variation de cette horreur du vide en fonction de l'altitude, en ajoutant qu'il importait désormais de comprendre pourquoi celle-ci s'avérait variable, d'un lieu à l'autre et d'un jour à l'autre.