15 août 2021

Jean-Pierre Petit, Gilles d'Agostini, Nathalie Debergh

OVNIS et science, la contribution française : Quarante années de travaux focalisés sur les voyages interstellaire et le phénomène ovni.

L'ensemble des travaux se référant au modèle cosmologique Janus est accessible en ligne sur la base de donnée du CNRS français, à l'adresse ;

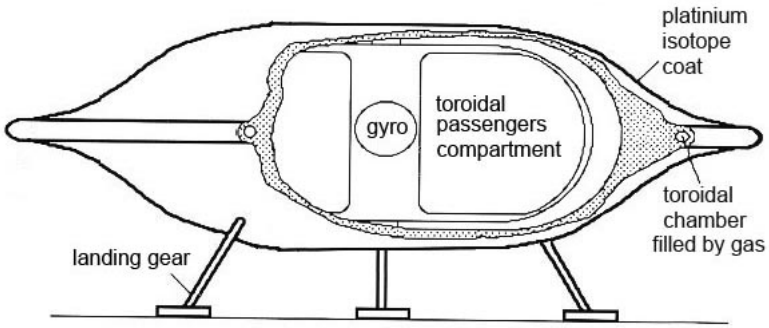
https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03285671/document

Résumé :

Si l'on reste dans le cadre géométrique de la relativité générale, le voyage interstellaire est difficilement envisageable, en raison de sa durée excessive. Une modification doit donc être apportée. Il s'avère que le nouveau modèle " Janus " qui émerge alors, où l'idée centrale est d'introduire des masses négatives, résout tous les problèmes dans lesquels la cosmologie contemporaine se débat depuis 50 ans. Tous ces travaux ont été publiés dans des revues à comité de lecture, de haut niveau. La masse négative remplace à la fois la matière noire et l'énergie noire. Nous retraçons la longue genèse de ce modèle, qui commence par une approche heuristique où les masses de même signe s'attirent et où les masses de signes opposés se repoussent. Cette idée s'est immédiatement révélée fructueuse dans de nombreux domaines. Ainsi la masse négative, qui domine à la fin du découplage, forme un réseau d'amas sphéroïdaux et donne à la masse positive une structure lacunaire. Le Great Repeller, découvert en 2017, est l'un de ces amas sphéroïdaux, répulsif et invisible. En s'infiltrant entre les galaxies et les amas de galaxies la masse négative assure leur confinement, donne les formes plates aux périphéries des courbes de rotation. Nous construisons ensuite la géométrie de ce modèle de Janus, où l'équation d'Einstein devient une des deux équations de champ du système Janus. La cohérence mathématique est assurée. Une solution exacte fournit l'accélération cosmique, pilotée par la pression négative de la masse négative. Il est démontré que la masse négative est une copie de notre propre antimatière, dotée d'une masse négative. C'est l'antimatière primordiale, géométriquement invisible, qui est recherchée depuis si longtemps. La fusion ne peut s'installer dans la masse négative, qui n'héberge alors ni galaxies, ni étoiles, ni planètes. La vie en est absente. Une interprétation alternative des fluctuations du CMB donne les valeurs des "facteurs d'échelle" et des vitesses de la lumière.

Dans le monde négatif, les distances sont cent fois plus courtes et la vitesse des photons d'énergie négative dix fois plus élevée. Il en résulte un gain d'un facteur mille dans le temps du vote interstellaire, qui devient ainsi non-impossible. Une technique possible d'inversion de masse est exposée, ainsi que le mode d'accélération des nefs.

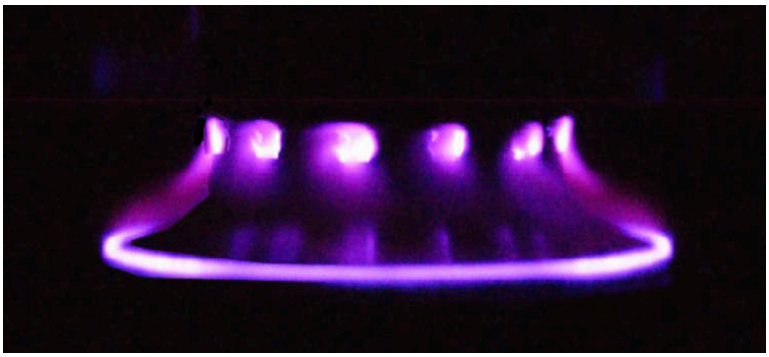
Nous donnons le schéma d'une nef utilisant la technique d'inversion de la masse. L'important champ magnétique, qui doit être uniforme dans toute la masse concernée, est alors produit par la mise en rotation de la coque de l'engin :



La concentration d'énergie, jusqu'à la dislocation, est obtenue en chargeant les niveaux métastables de longue durée des noyaux d'atomes d'une coque métallique, par effet de résonance magnétique nucléaire. Une cabine torique, qui peut être dissociée de la coque, évite aux passagers d'être centrifugés. Pendant la croisière, sa mis en rotation régulière assure une gravité artificielle.

L'inversion de masse explique l'apparition et la disparition instantanée des nefs, qui semblent surgir de nulle part. Nous esquissons une explication des virages à angle droit.

La propulsion MHD, également soutenue par une longue série d'articles publiés dans des revues à comité de lecture (ou/et) ayant fait l'objet de publications dans de grands symposiums internationaux consacrés à la MHD et au vol hyopersonique, vient compléter ce modèle. Il est donné en complément et s'appuie sur les premiers travaux réalisés par l'équipe, liés à des observations d'ovnis.



Confinement du plasma par inversion du gradient magnétique

On y retrouve les techniques utilisées par les Russes pour assurer le fonctionnement de leurs missiles hypersoniques Kinjal et Avangard qui ne peuvent fonctionner à de telles vitesses (Mach 10 en air dense et Mach 30 en air raréfié) qu'en utilisant la MHD pour éviter la formation d'ondes de choc.

1 - **Cosmologie et astrophysique. Etat des lieux.**

Comme je m'adresse à des spécialistes, ce tour d'horizon sera très vite fait.

- A la fin des années soixante dix, quand se confirme la platitude des courbes de rotation de galaxies ainsi que l'impossibilité de rendre compte de ce phénomène avec la masse visible, la communauté scientifique conclut à l'existence d'une masse non détectée à laquelle on donne le nom de Dark matter.

Trente ans plus tard cette dark matter n'est toujours pas identifiée.

- En 1988 quand le satellite COBE donne les premières images du CMB, remarquablement homogène la communauté des spécialistes accorde foi à la théorie hypothétique de l'inflation.

Vingt ans plus tard on ne dispose d'aucun modèle de ce champ et de sa particule associée : l'inflation

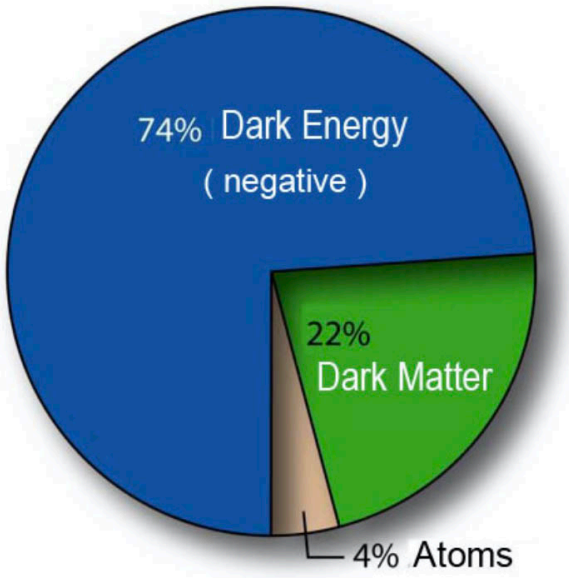
- En 2011 Un prix Nobel récompense ceux qui ont montré l'accélération de l'expansion cosmique. La communauté des spécialistes conclut à l'action d'une dark energy.

Dix ans plus tard on ne dispose d'aucun modèle de cette dark energy, si ce n'est de l'associer à la présence de la constante cosmologique dans l'équation d'Einstein. Le modèle standard de la cosmologie devient donc le modèle ΛCDM (constante cosmologique Λ plus Cold Dark Matter).

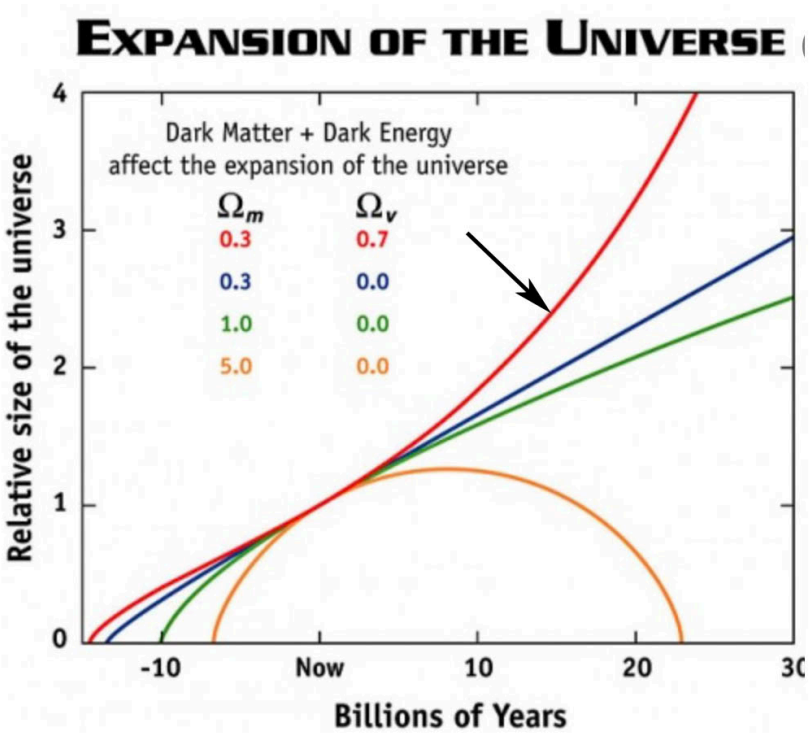
- Il n'existe pas à ce jour d'explication de la non-bservation de l'antimatière primordiale.

- Depuis cinquante ans les tentatives de mise en évidence, dans les accélérateurs de particules, de partenaire supersymétrique ont été des échecs.

A ce stade, seuls 4 % du contenu de l'univers est pour le moment accessible à l'observation.



L'effet de la présence de cette constante cosmologique Λ dans l'équation équivaut à l'action d'un contenu répulsif de densité constante, indépendant de l'expansion. Deux forces s'opposent donc, d'où résulte la dynamique cosmique générale. On a une force d'attraction, freinant cette expansion , liée au contenu en masse positive, observée ou sombre, qui correspond à une masse volumique variant en a^{-3}, donc perdant du terrain avec le temps. A cela s'ajoute la force de répulsion, traduite par cette constante Λ, qui équivaut à une masse volumique négative invariable. Donc, au fil du temps, c'est la répulsion qui domine et le profil de la courbe traduisant l'évolution correspond au dessins ci-après. Une courbe qui tend à prendre la forme d'une exponentielle au fil du temps.



2 - **Le problème de l'introduction de masses négatives.**

Aux masses négatives sont associées des pressions négatives. On peut donc se demander si le fait d'introduire un contenu en masse négative dans l'équation de champ de la Relativité Générale ne produirait pas l'effet d'accélération de l'expansion observé.

Cette introduction est envisagée en 1957 par le cosmologiste Hermann Bondi [1]. Mais ça ne marche pas. Il est très facile de voir pourquoi. L'équation de champ d'Einstein fournit une solution sous la forme d'une unique métrique, à partir de laquelle on calcule les géodésiques le long desquelles cheminent les masses témoins, que celles-ci soient positives ou négatives.

Ecrivons l'équation d'Einstein sous sa forme mixte, sans sa constante cosmologique :

(1)
$$R_{\mu}^{\nu} - \frac{1}{2} R\, \delta_{\mu}^{\nu} = \chi T_{\mu}^{\nu}$$

On sait que la forme mixte du tenseur métrique se réduit au tenseur de Kronecker. Dans ces condition si dans une région on a un champ de matière non nul le tenseur matière énergie s'écrit

(2)
$$T_{\mu}^{\ \nu} = \begin{pmatrix} \rho c^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -p \end{pmatrix}$$

Un champ de masse négative correspondra à

(3)
$$\rho < 0 \quad p < 0$$

Mais, en se plaçant dans l'approximation Newtonienne on cela correspond à p nul.

Si on veut décrire la géométrie à l'extérieur d'une mass M et à l'intérieur de celle-ci on combinera deux métriques.

- Celle décrivant la géométrie à l'intérieur d'une masse correspondant à une sphère de rayon r_s emplie d'une matière de masse volumique constante ρ :

(4)
$$ds^2 = \left[\frac{3}{2}\left(1 - \frac{8\pi G \rho r_s^{\,2}}{3c^2}\right)^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{2}\left(1 - \frac{8\pi G \rho r^2}{3c^2}\right)^{\frac{1}{2}} \right]^2 c^2 dt^2 - \frac{dr^2}{1 - \frac{8\pi G \rho r^2}{3c^2}} - r^2 (\, d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2 \,)$$

- Celle décrivant la géométrie à l'extérieur de cette masse :

(5)
$$ds^2 = \left(1 - \frac{8\pi G \rho r_s^{\,3}}{3c^2 r} \right) c^2 dt^2 - \frac{dr^2}{1 - \frac{8\pi G \rho r_s^{\,3}}{3c^2 r}} - r^2 (\, d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2 \,)$$

Ces deux métriques se raccordant. Les géodésiques sont alors (on a représenté les géodésiques de longueur nulle) :

Pour une masse volumique positive :

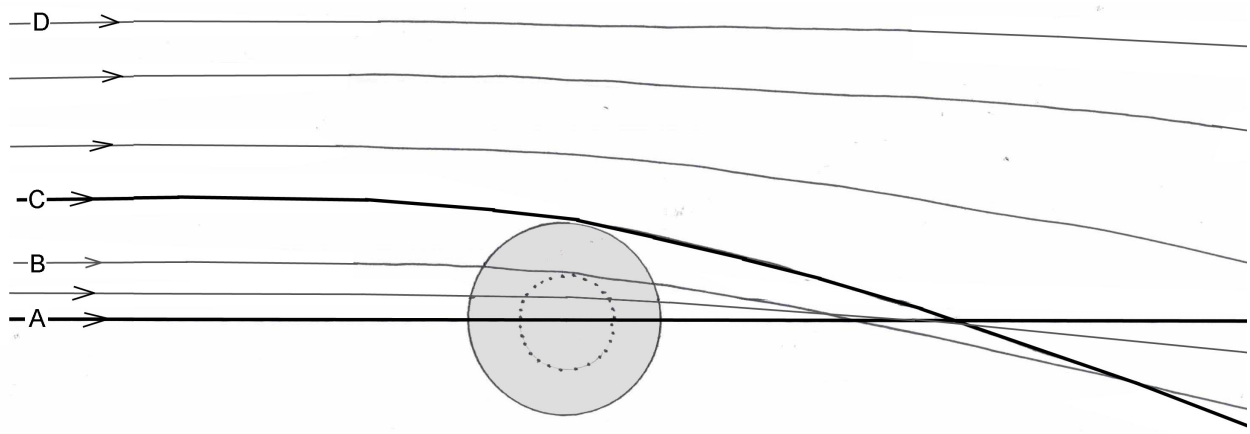


Fig. 1 : Deflection of positive energy neutrinos by a positive mass

Pour une masse volumique negative, on obtient ceci :

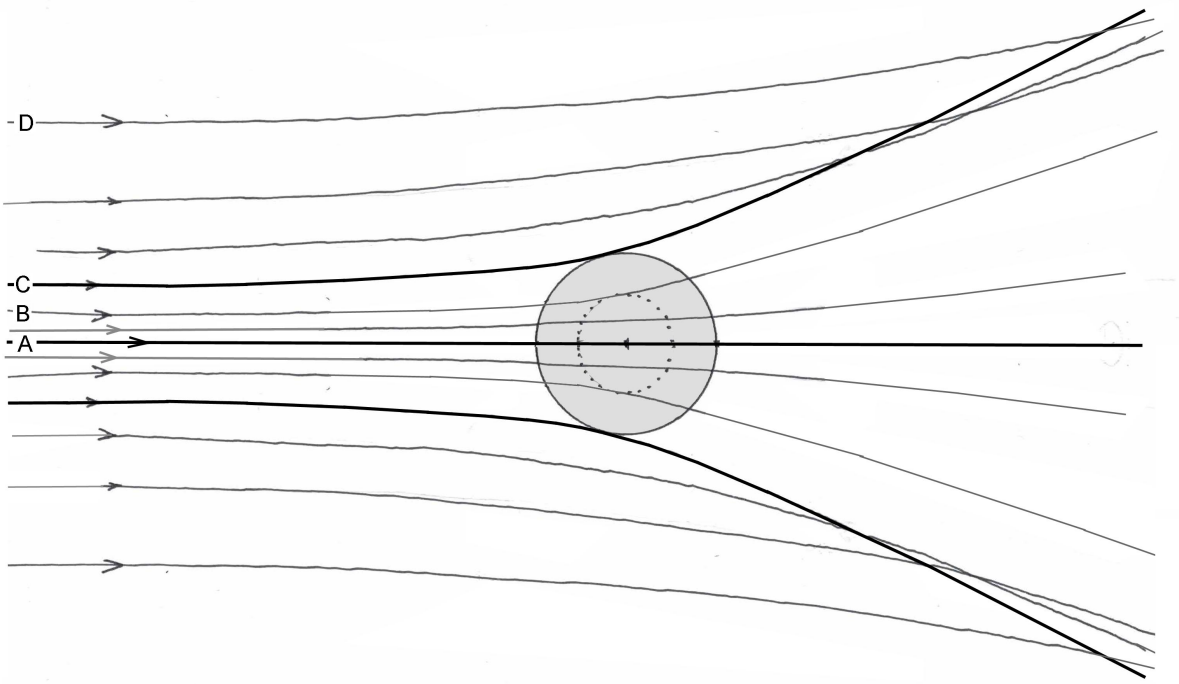


Fig.2 : Deflection of positive energy neutrinos by a negative mass.

On est peu habitué à calculer les géodésique de longueur nulle à l'intérieur des masses. Ce sont les trajectoires que suivraient les neutrinos. A moins que ce ne soient des masses qui n'interagiraient avec cette matière qu'à travers la force de gravité, ce qui sera envisage plus loin.

Quoi qu'il en soit les géodésiques-trajecoires des particules de masse non nulle ont la même allure. On en déduit donc le résultat suivant :

- Une masse positive engendre un système de géodésiques évoquant une attraction.
- Une masse negative engendre un système de géosésiques evoquant une repulsion.

Ce qu'on peut résumer en écrivant :

- Les masses positives attirent aussi bien leurs semblables que les masses négatives
- Les masses négatives repoussent aussi bien leurs semblables que les masses positives.

Bondi s'y prend autrement, mais c'est plus clair avec les géodésiques.

On peut illustrer cela par le dessin :

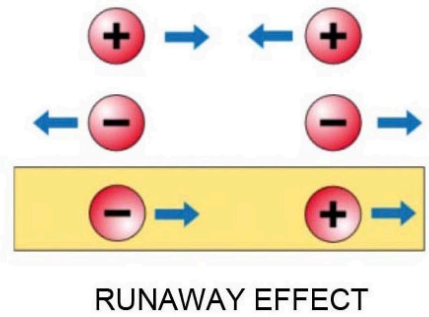


Fig. 3 : Les masses négatives en Relativité Générale. Lois d'interaction

En bas on voit ce qui se passe quand deux mases de signes opposés sont mises en présence. La masse positive s'enfuit, poursuivie par la masse négative. Le couple subit un mouvement d'accélération uniforme, mais l'énergie reste constante, du fait que l'énergie cinétique de la masse négative est elle-même négative.

Ce schéma représente également une violation du principe d'action réaction et du principe d'équivalence. On peut en effet distinguer deux types de masses.

- La masse gravifique m_g, qui chiffre la façon dont cette masse contribue au champ de gravitation. Elle est positive pour les masses positives et négatives pour les masses négatives, dans cette forme d'introduction des masses négatives.

- La masse inertielle m_i, qui indique la façon dont cette masse réagit dans un champ de force, ici dans le champ gravitationnel. Elle est positive pour les masses positives ainsi que pour les masses négatives, <u>dans cette forme d'introduction des masses négatives.</u>

Le principe d'équivalence pour les masses positives correspond à

$$m_g^{(+)} = m_i^{(+)}$$

Il est violé dans cette forme de représentation des masses négatives, puisque

$$m_g^{(-)} = - m_i^{(-)}$$

Imaginer un monde où les particules acquièrent des vitesses limitées par la vitesse de la lumière alors qu'aucun apport d'énergie d'intervient, a de quoi heurter le physicien.

William Bonnor [2] a examiné à nouveau cette idée des masses négatives en Relativité Générale. En bon anglais plein d'humour Il s'est excusé d'avoir développé cet article en précisant que sa préoccupation avait été « de comprendre pourquoi Dieu avait choisi les masses positives ».

Mais d'autres auteurs ont tenté de construire un modèle cosmologique en intégrant cette propriété déconcertante, c'est à dire en décidant de rester dans le cadre de la Relativité Générale, c'est à dire d'une géométrie issue de l'équation d'Einstein.

Benoit-Lévy et Gabriel Chardin [3] reprennent le modèle de Dirac-Milne, qui revient à supposer que l'univers contient autant de masse positive que de masse négative. La densité globale est donc nulle, de même que le champ gravitationnel global. Donc l'expansion est linéaire en fonction du temps. Leur idée est que ce second composant de masse négative correspondrait à l'antimatière cosmologique, à laquelle ils attribuent par hypothèse une masse nulle.

L'anglais Jamie Farnes [4] ajoute l'hypothèse de l'existence d'un mécanisme de création continue de masse négative qui assurerait la constance de sa masse volumique. Ainsi ce contenu en masse négative équivaudrait à l'introduction de la constante cosmologique dans l'équation. Quant au phénomène runaway, il imagine que celui-ci pourrait être la source des particules de très haute énergie.

3 – **Approche heuristique**.

L'heuristique ou euristique (du grec ancien εὑρίσκω, heuriskô, « je trouve ») est « l'art d'inventer, de faire des découvertes » en résolvant des problèmes à partir de connaissances incomplètes. Ce type d'analyse permet d'aboutir en un temps limité à des solutions acceptables.

Le modèle Janus correspond à l'idée d'introduire des masses négatives dans le modèle cosmologique en conservant pour cette seconde espèce le principe d'équivalence et pour les deux espèces du principe d'action réaction, ce qui éliminerait l'ingérable phénomène runaway. Le schéma d'interaction souhaité devenant :

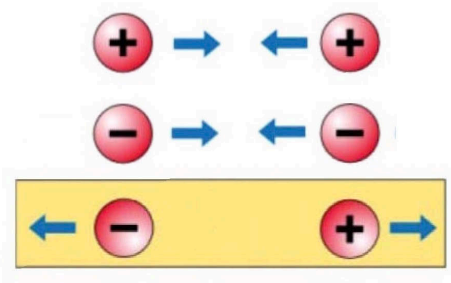


Fig.4 : Schéma d'interaction visé.

C'est la stratégie qui a été la nôtre au début des années quatre vingt dix, en opérant à partir de simulations numériques 2D. La première idée a consisté à voir comment se comporterait un mélange de points-masses positives et négatives avec des masses volumiques égales en valeur absolue et des températures identiques. Le résulta, obtenu sur un Cray-one, correspond à la figure ci-après :

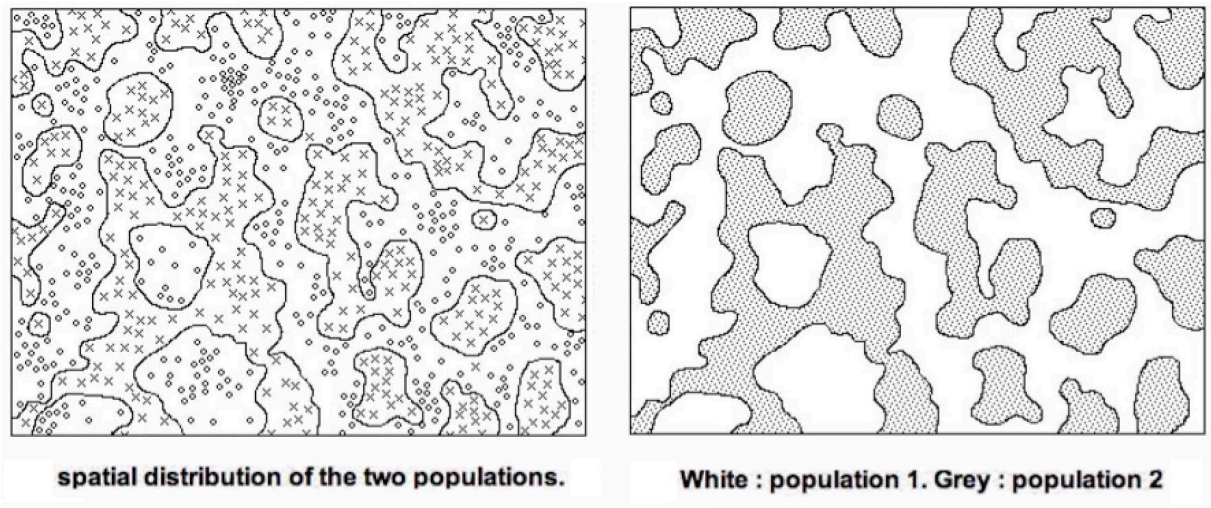


Fig4 : Result of a simulation with $\rho^{+} = \left|\rho^{-}\right|$

Des deux populations avaient tendance à se séparer, dans un mécanisme de percolation. Mais cela ne ressemblait à rien quoi puisse être relié à une observation quelconque. L'idée nous vint alors de rééditer l'opération en attribuant aux masses négatives une masse volumique supérieure, en valeur absolue. Les masses négatives s'agencèrent alors

selon un réseau régulier de clusters, la masse positive occupant l'espace laissé libre entre ceux-ci.

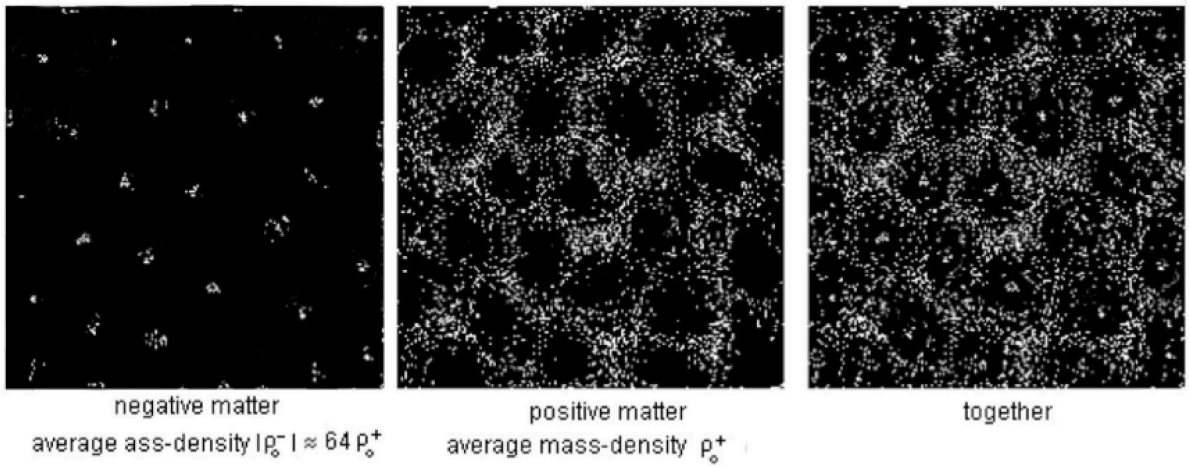


Fig.5 : Result of simulation 1995 with $|\rho^-| \gg \rho^+$.
(a) Negative matter with average mass-density $|\rho^-| \approx 64\rho^+$. (b) Positive matter with average mass-density ρ^+. (c) Positive and negative matter together.

Il s'agit d'un résultat qui a illustré notre publication de 1995 [5] . Immédiatement ceci suggéra un possible schéma de constitution de la structure à grande échelle de l'univers, la masse positive, en 3D, se constituant selon un schéma comparable à des bulles de savon jointives.

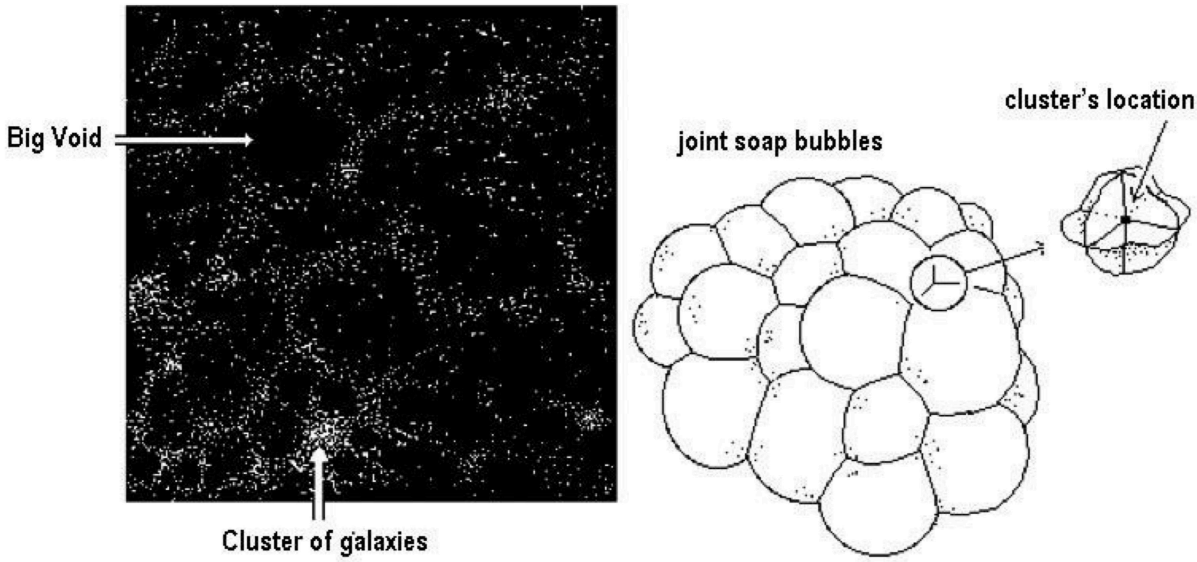


Fig.6: 3D Very Large Structure

L'idée émergeait également de l'invisibilité des masses négatives. En effet celles-ci on une énergie $mc^2 < 0$. Si on imagine qu'elle puisse être la copie de la nôtre avec une masse négative, elle émettrait alors des photons d'énergie négative, que nos yeux et nos instruments d'observation ne pourraient capter.

En 2017 la découverte du « Great Repeller » [6] apporte une confirmation à cette intuition.

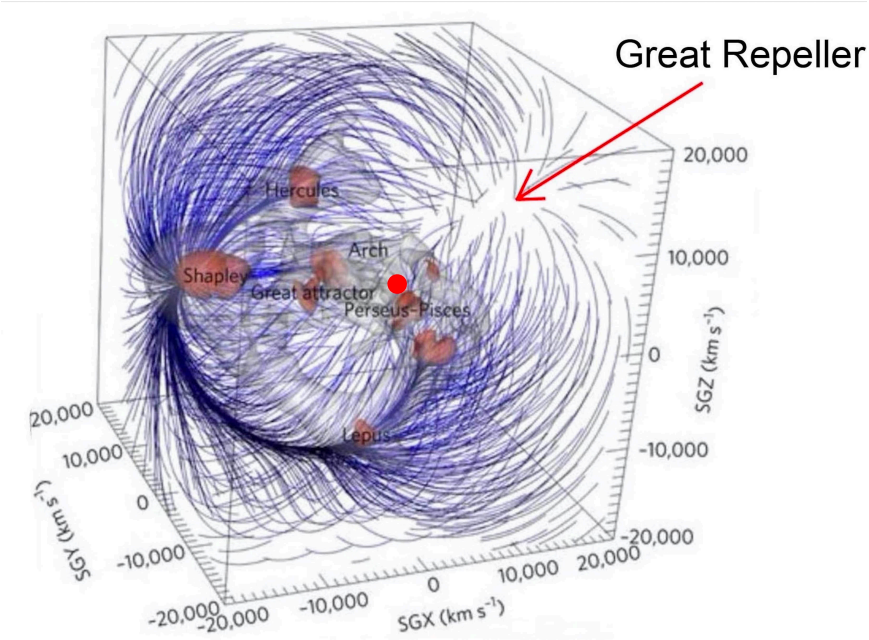


Fig.7 : The Great Repeller [6]

Nous commencions alors à développer une ébauche de modèle théorique en envisageant des « instabilités gravitationnelles conjointes ». En effet l'instabilité de Jeans se développe selon un temps caractéristique :

(6)

$$t_J = \frac{1}{\sqrt{4\pi G|\rho|}}$$

Comme la valeur absolue de sa masse volumique est plus élevée, la masse négative, auto-attractive, forme la première des conglomérats sphéroïdaux, par instabilité gravitationnelle.

En ce début d'années quatre vingt dix les idées se bousculent. Le schéma de constitution de cette structure à grande échelle de l'univers suggère un schéma alternatif de formation des galaxies, également par instabilité gravitationnelle. Dans le modèle ΛCDM on approche cette question par des simulations numériques, en mettant en jeu des quantités ad hoc de dark matter. Le schéma qui se dessine et conduit à un scénario différent. Quand cette structure à très grande échelle se constitue, juste après le découplage, les clusters de masse négative exercent une contre pression sur la masse

positive, confinée selon des plaques. D'où une excursion de température, suivie d'un refroidissement radiatif.

A cette époque (1992) nous n'avons à notre disposition que les PC de l'époque, incapables de gérer des systèmes de points masses en nombre suffisant. Les quelques résultats dont il est fait mention ici sont obtenus par un jeune étudiant du laboratoire DESY de Hambourg (synchrotron), Frédéric Descamp, qui réalise ces simulations à l'insu de sa direction de recherche, pendant seulement quelques mois. Ces travaux sont immédiatement interrompus dès que celle-ci se rend compte de ce détournement des moyens de calcul. Les dessins ci-après illustrent l'idée, qui demande toujours à être développée.

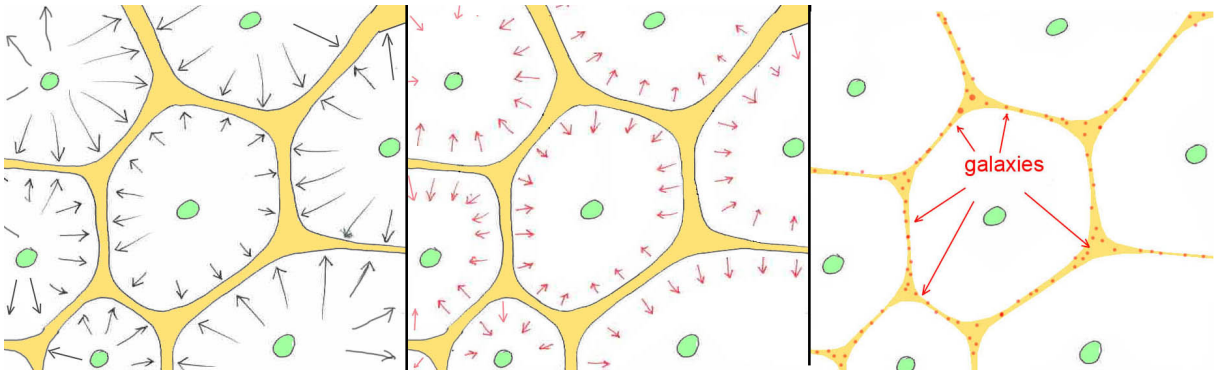


Fig.8 : Schéma de formation des galaxies.

La première image de la figure 8 montre la matière de masse positive, jeune, constituée en plaques, subissant une rétrocompression exercée par les clusters de masse négative adjacents (verts). Il en résulte un échauffement et un rapide refroidissement radiatif, figure centrale. La structure en plaques minces est effectivement optimale pour une dissipation radiative. La masse positive est alors déstabilisée et l'instabilité gravitationnelle reprend, donnant naissances aux galaxies, image de droite. Dans cette optique la majorité des galaxies, sinon la totalité, se constituent en même temps. C'est ce qui leur donne un spectre de masses relativement étroit, les galaxies elliptiques ne différant des galaxies spirales que d'un ordre de grandeur.

On observe dans l'univers nombre de galaxies dites irrégulières, étudiées systématiquement par Halton Arp qui en dressa la catalogue [7] . Aujourd'hui on trouve des auteurs qui pensent que ce sont des galaxies en formation. Nous ne sommes pas de cet avis, et peut être évoquerons nous cette question en fin d'article.

Au milieu des années soixante-dix j'avais publié un certain nombre de notes aux Comptes Rendus de l'Académie des Science de Paris, consacrées à la dynamique galactique, à travers des modèles construits en supposant que la fonction de distribution des étoiles avait une forme elliptique.

3 – **Digression sur la dynamique galactique**.

Cette partie parlera mieux aux astrophysiciens, spécialistes de dynamique galactique.

Un gaz en état d'équilibre thermodynamique voit ses molécules acquérir des vitesses d'agitation thermique correspondant à une statistique de Maxwell-Boltzmann. Si n est le nombre de densité, le nombre de molécules par unité de volume, m leur masse, T la température absolue, k la constante de Boltzmann et V le module de la vitesse de l'élément considéré la fonction de distribution de cette vitesse d'agitation thermique est :

(7)

$$f = n\left(\frac{m}{2\pi k T}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{mV^2}{2kT}}$$

Où Cette fonction est solution de l'équation de Boltzmann :

(8)

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \mathbf{v}\,.\,\frac{\partial f}{\partial \mathbf{r}} + \frac{\mathbf{F}}{m}.\frac{\partial f}{\partial \mathbf{v}} = \left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)_{collisions}$$

Les lettres maigres sont des scalaires, les lettres grasses des vecteurs. Dans ce cas la force **F** est la force de gravité découlant du potentiel gravitationnel Ψ. Dans le cas d'une dynamique stellaire les collisions sont quasi nulles et le second membre est zéro (équation de Vlasov).

(9)

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \mathbf{v}.\frac{\partial f}{\partial \mathbf{r}} - \frac{1}{m}\frac{\partial \Psi}{\partial \mathbf{v}} = 0$$

On peut écrire (7) selon :

(10)

$$L_n f = Cst + L_n n - \frac{3}{2} L_n T - \frac{m}{2kT}\left(u^2 + v^2 + w^2 \right)$$

C'est un polynôme sphérique de degré 2 en u , v w , composantes de la vitesse.

De même on peut, en divisant par f , écrire (9) selon :

(11)

$$\frac{\partial L_n f}{\partial t} + \mathbf{v}.\frac{\partial L_n f}{\partial \mathbf{r}} - \frac{1}{m}\frac{\partial L_n f}{\partial \mathbf{v}} = 0 \quad -$$

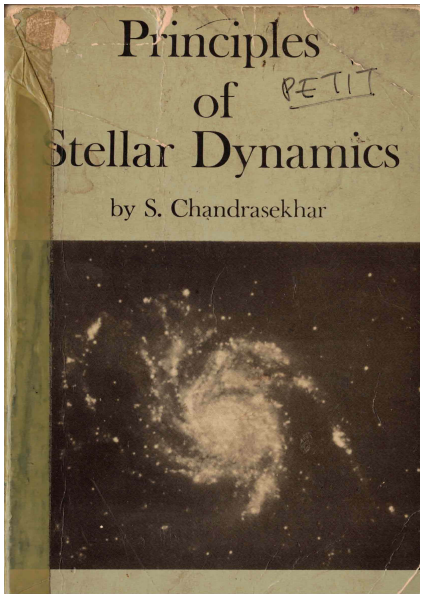
En introduisant (10) dans (11) on obtient un polynôme de degré 3 en u , v , w. En annulant les coefficients de tous ses termes on obtient un un système de dix équations aux dérivées partielles, à coupler avec l'équation de Poisson :

(12)

$$\Delta \Psi = 4\pi G m n$$

C'est ce qu'a fait Chandrasekhar en 1942 [8] . Un livre où il calcule le temps de libre parcours moyen des étoiles, dans une galaxie, en arrivant à la conclusion que celui-ci est

grand devant l'âge de l'univers. Il développe la solution Maxwellienne stationnaire à symétrie sphérique en montrant que la température T (liée à la vitesse d'agitation des étoiles dans cette galaxie sphéroïdale) était constante.



En résolvant numériquement l'équation de Poisson il obtient le profil de la densité de matière dans cet objet.

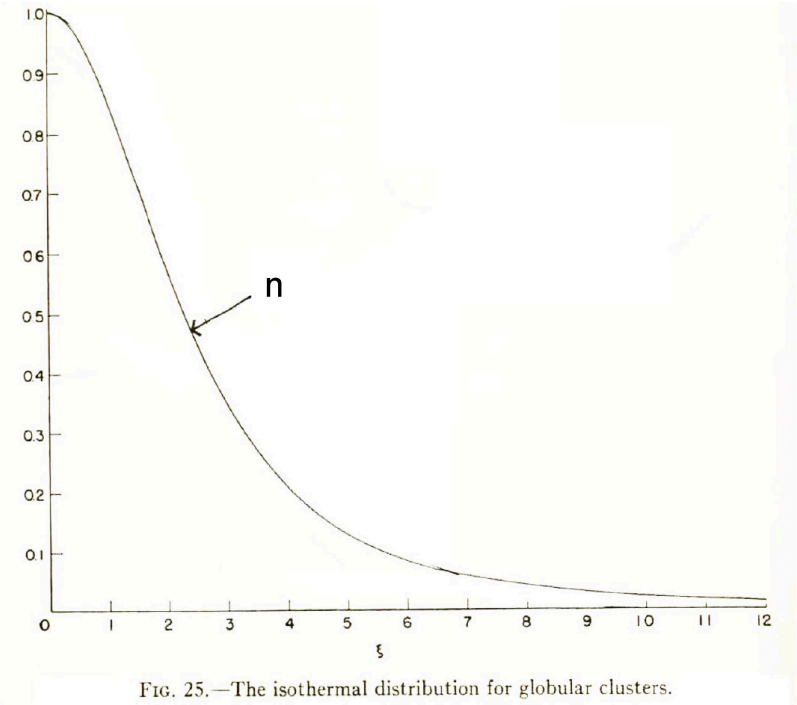


Fig.9 : La distribution de densité dans un amas sphéroïdal (Chandrasekhar 1942)

Mais Chandrasekhar, qui tente à travers cela de modéliser la densité dans les amas globulaires, constate tout de suite qu'en intégrant cette densité l'objet a une masse infinie :

(13)

$$N = \int_{r_o}^{\infty} \frac{1}{r} r^2 \, d\Omega \, dr = 4\pi \int_{r_o}^{\infty} \frac{1}{r} r^2 \, dr = \infty$$

Cette propriété enlève de l'intérêt à cette approche, s'agissant par exemple de tenter de modéliser une galaxie sphéroïdale. Voilà avec plus de détails le résultat de ce calcul :

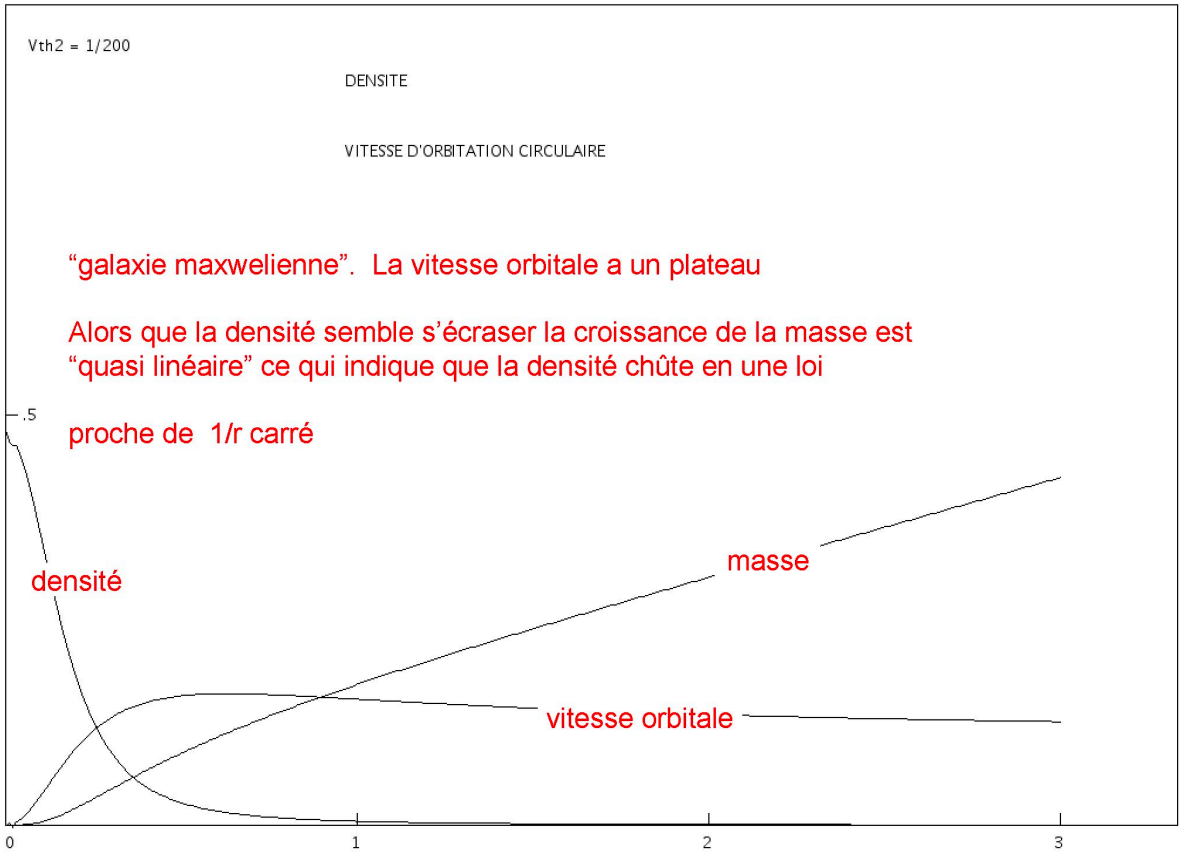


Fig.10 : Objet à symétrie sphérique, distribution Maxwellienne

Dans les galaxies (là je m'adresse aux astrophysiciens) la distribution de vitesse n'est pas à symétrique sphérique. Cette isotropie du champ des vitesses d'agitation (appelées vitesses résiduelles par les astrophysiciens) est liée au retour vers l'équilibre thermodynamique, issu des collisions. Sous cet angle les galaxies, en tant que systèmes de points masses autogravitants, orbitant dans leur propre champ de gravité, sont des systèmes totalement hors d'équilibre. Il n'est donc pas étonnant que la statistique de

vitesse des étoiles proches du Soleil conduise, non à un sphéroïde de vitesses, mais à un ellipsoïde des vitesses, avec trois axes. Un axe perpendiculaire au bras spiral, et deux axes transverses, avec des dispersions de vitesses sensiblement égales, mais correspondant à la moitié de la valeur du grand axe.

Ce sont les seules données dont nous disposons, concernant cet ellipsoïde des vitesses, que les astrophysiciens appellent vertex. Le grand axe ne pointe pas vers le centre de la galaxie. On appelle cela la « déviation du vertex ».

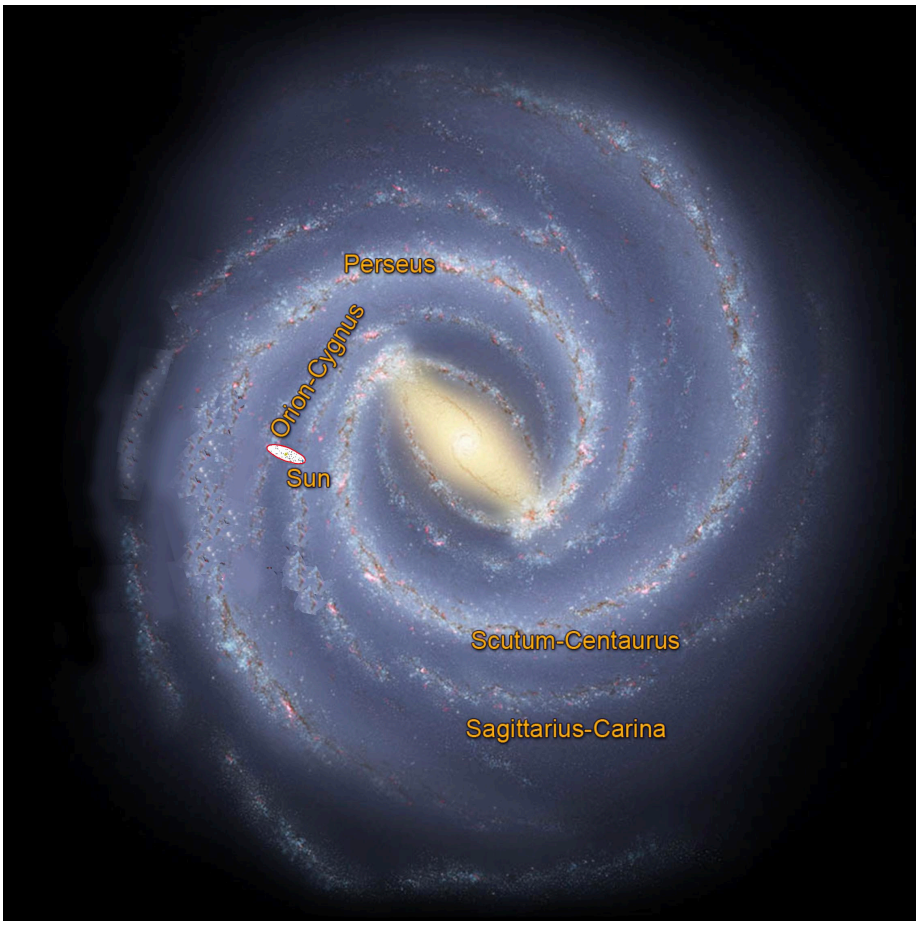


Fig.11 : Position de l'ellipsoïde des vitesses près du Soleil

Les spécialistes savent que les bras spiraux ont des structures d'ondes de choc, dans la mesure où les vitesses du gaz excèdent la vitesse d'agitation thermique dans celui-ci, de l'ordre de quelques km/s. Lorsqu'une onde de choc parcourt un gaz (système collisionnel), à la traversée de cette onde, dont l'épaisseur équivaut à quelques libres parcours moyens, la distribution des vitesses est elliptique, avec un grand axe perpendiculaire au plan de l'onde. Puis le milieu se thermalise et la distribution redevient isotrope en aval, autour d'une vitesse d'agitation plus élevée. On peut penser que l'orientation de l'ellipsoïde des vitesses au voisinage du Soleil obéit à cette même logique.

On peut aussi penser que par raison de symétrie cet ellipsoïde évolue vers un sphéroïde au voisinage du centre galactique. Selon cette logique, au début des années soixante dix j'ai supposé qu'on pourrait tenter de construire un modèle de galaxie sphéroïdale, en régime stationnaire en partant de l'hypothèse que le grand axe de l'ellipsoïde point vers le centre galactique :

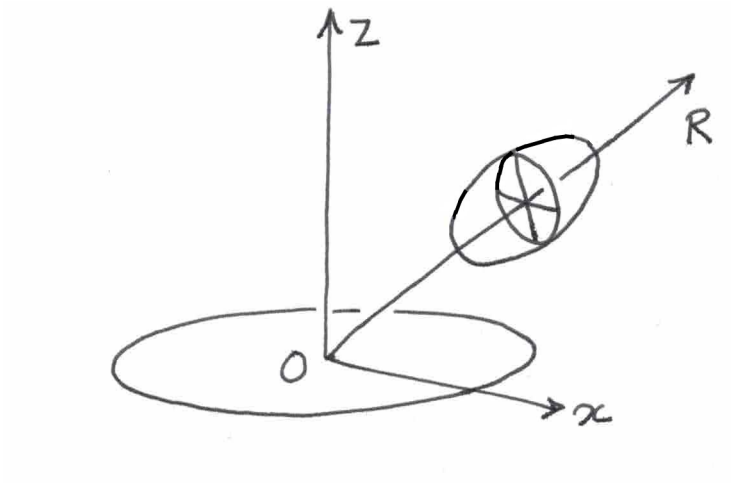


Fig. 12 : Hypothèse d'un ellipsoïde des vitesses pointant vers le centre

Pour plus de détails:[43]. Techniquement cela revient à donner une forme particulière à la distribution des vitesses, qui est toujours un polynôme de degré 3. On obtient alors l'évolution de l'ellipsoïde des vitesses en fonction du rayon. Son grand axe reste constant. Au centre la distribution est Maxwellienne. Les axes transverses tendent vers zéro à l'infini. L'équation de Poisson, en symétrie sphérique, devient :

(14) $$\Psi'' + \frac{2}{r}\Psi' = \frac{4\pi G \rho_o}{1 + \frac{r^2}{r_o^2}} e^{-\frac{m\Psi}{kT_o}}$$

Numériquement, on obtient ceci :

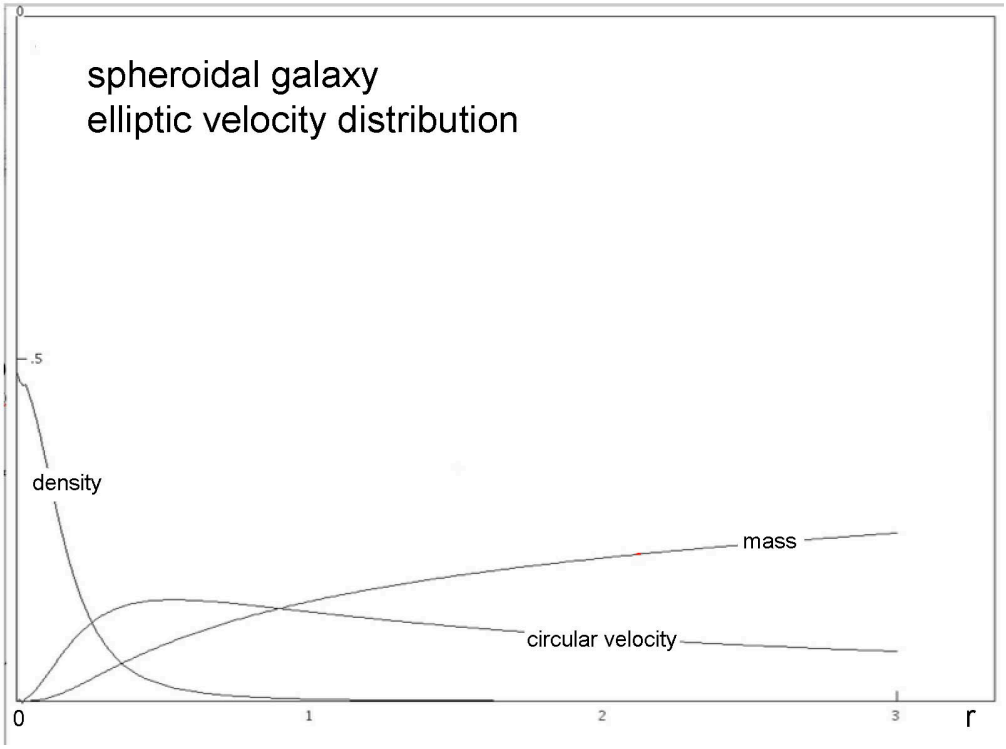


Fig. 13 : Galaxie sphéroïdale, distribution des vitesses elliptique

En comparant avec la solution de Chandrasekhar on voit que la masse tend toujours vers l'infini. Dans ces années soixante dix ce travail est étendu en collaboration avec l'astrophysicien Guy Monnet, à l'époque directeur de l'observatoire de Marseille, à une solution elliptique axisymétrique, toujours avec le grand axe de l'ellipsoïde des vitesses pointant vers le centre. Nous présentons les résultats à l'occasion d'un colloque international sur la dynamique galactique, qui se tient à l'Institut des Hautes Etudes de Bures sur Yvette, près de Paris [9], un travail rendu possible en appliquant la technique du calcul matriciel. Les résultats numériques sont similaires et la masse est toujours infinie. C'est la raison pour laquelle les théoriciens se sont éloignés de cette approche.

Mais, en nous situant toujours dans cette approche heuristique, nous imaginons qu'une galaxie puisse être confinée par un environnement de masse négative, répulsive. La solution dépend alors de deux équations de Vlasov, couplées par l'équation de Poisson. Nous commençons par la description d'une galaxie sphéroïdale et l'imaginant confinée par une masse négative à laquelle nous attribuons une distribution des vitesses Maxwellienne, associée à une température constante. La solution numérique émerge rapidement. Figurons d'abord les paramètres associés à une lacune à symétrie sphérique dans une distribution isotherme de masse négative :

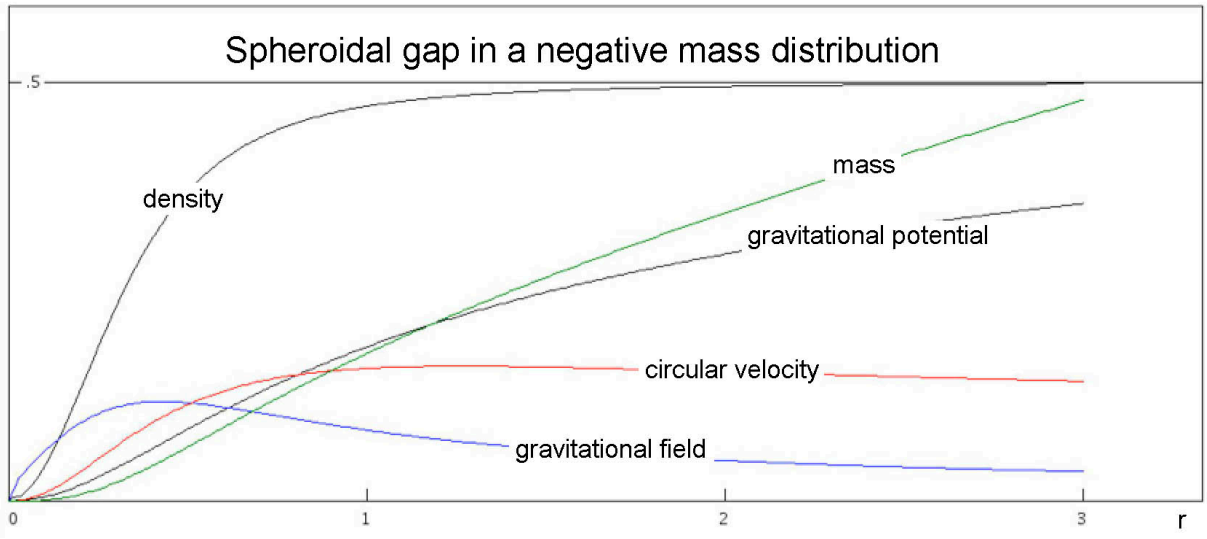


Fig. 14 : Spheroidal gap in isothermal negative mass distribution.

C'est cette lacune qui va imposer le palier de vitesse circulaire en périphérie. Elle remplace par ses effets la distribution ad hoc de dark matter de masse positive.

Ceci a un impact sur les paramètres de la masse positive :

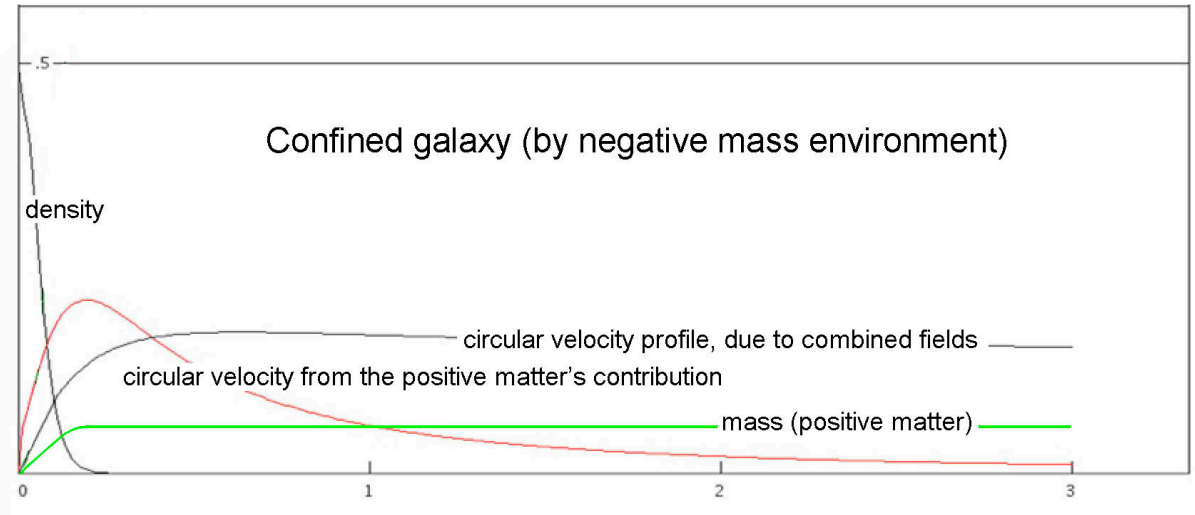


Fig. 15 : Confined spheroidal galaxy.

Le confinement est immédiat. La masse intégrée tend rapidement vers une constante. La galaxie n'a plus une masse infinie. Quand on calcule la vitesse d'orbitation circulaire en se basant sur sa contribution au champ gravitationnel on obtient un profil quasi-keplerien. Par contre en sommant les deux contributions, des deux types de masses, on obtient une croissance linéaire près du centre, puis un plateau en périphérie.

En suivant toujours cette approche heuristique il apparait que cette hypothétique présence de masse négative auto-attractive et repoussant la masse positive, dont la valeur absolue de la masse volumique domine celle de la masse positive, donne un nombre important d'aspects intéressants.

En outre, vis à vis de sa contribution au champ gravitationnel, une lacune dans la masse négative étant équivalente à celle de son image, changée de signe, il était évident que ce modèle heuristique résolvait également le problème des effets de lentille gravitationnelle anormaux au voisinage des galaxies et des amas.

En revenant sur la question de la forme des courbes de rotation il est exceptionnel que celles-ci offrent une telle régularité.

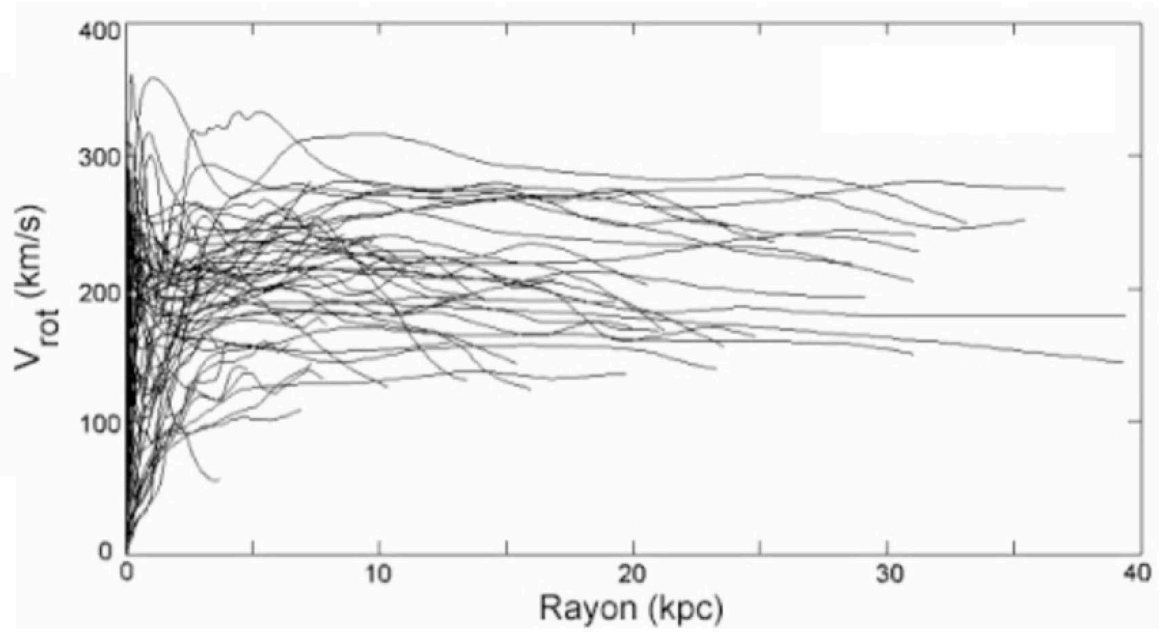


Fig.16 : Courbes de densités de différentes galaxies

Ces courbes présentent en général une excursion de vitesse près du centre. Parmi les exceptions :

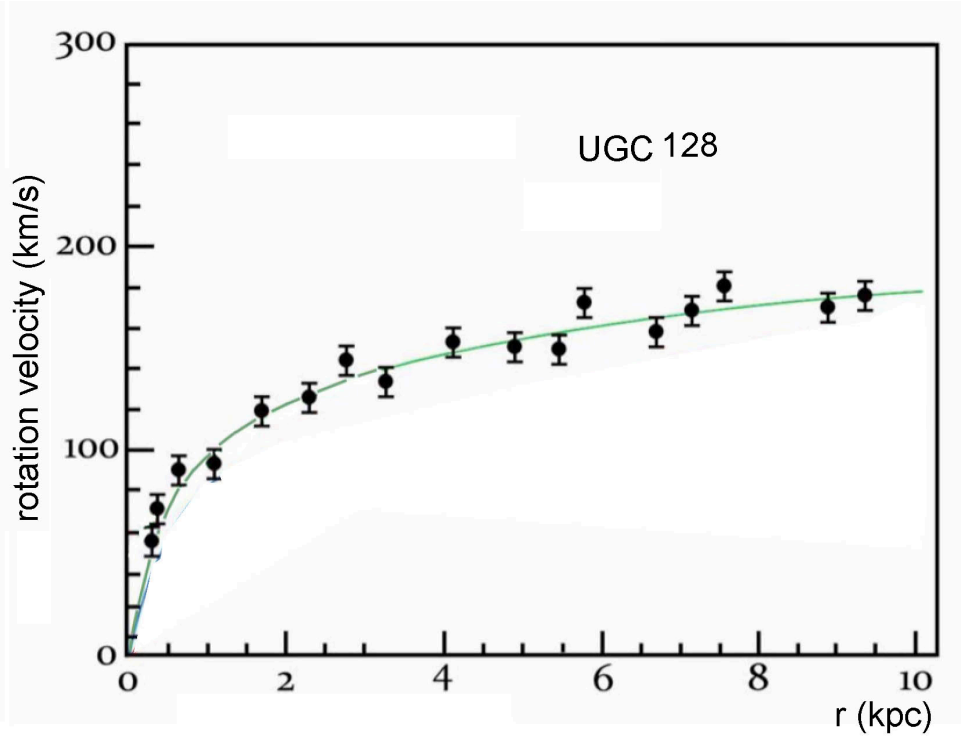


Fig.17 : Courbe de rotation d'UGC 128

Les théoriciens, qui tentent de rendre compte de ces courbes en faisant recours à des halos de dark matter de masse positive sont obligés de faire intervenir un pic dans cette densité, près du centre, pour rendre compte de ce fort accroissement de la vitesse angulaire. Ils ne comprennent alors pas comment la dark matter pourrait acquérir une telle distribution de densité.

L'explication est à rechercher dans le phénomène de cannibalisme galactique, à propos duquel tous les théoriciens s'accordent à penser que c'est un phénomène très fréquent dans a prime enfance des galaxies. Imaginons deux galaxies qui viennent de se former, avec de masses dissemblables. Il convient d'abord de s'interroger sur l'origine des mouvements de rotation des galaxies. Actuellement la galaxie d'Andromède donne un ordre de grandeur de la dilution de ce « gaz de galaxies ». On peut la comparer à un petit pois tenu à bout de bras. Mais si on remonte dans le passé on obtient une configuration où les galaxies étaient aussi serrées les unes contre les autres que les grains de raison dans une grappe. Les interactions étaient alors beaucoup plus intenses. On peut alors considérer ce « gaz formé par les galaxies primitives » comme un milieu collisionnel. En le comparant à un gaz de molécules on sera amené à penser que ce milieu tendra vers l'équilibre thermodynamique et que dans ces conditions la tendance est telle que l'énergie cinétique, d'agitation des galaxies, sera transféré sous forme de mouvement de rotation. Dans l'état final d'un équilibre thermodynamique l'énergie est répartie de manière égale selon les différents degrés de liberté du système. Ainsi l'énergie cinétique correspondant à l'agitation thermique tend à devenir égale à celle correspondant au mouvement de rotation.

Si cette marche vers un équilibre thermodynamique achevé pouvait s'effectuer, les galaxies légères auraient alors des vecteurs vitesse angulaire de rotation plus importants que les galaxies massives. Au moment où la galaxie massive absorbe la galaxie légère, la matière de cette dernière tombe librement cers le centre de la première, sans interagir puisque ces milieux sont non collisionnels. Ce surcroit de masse modifie peu la courbe de densité de l'ensemble, exempte d'un « pic ». Par contre, en se trouvant passée au voisinage du centre galactique les composants de la galaxie légère opèrent un apport important de vitesse angulaire, à la manière dont la patineuse accroît sa vitesse de rotation en ramenant ses bras le long de son corps. A titre de conclusion pourrait alors conclure que UGC 128 n'a pas absorbé d'autre galaxie plus légère.

Il serait relativement facile de reconstituer la courbe de rotation d'une galaxie en utilisant, non deux équations de Vlasov, mais trois équations, se référant à deux galaxies et à une lacune de masse négative, le tout étant couplé par l'équation de Poisson. Il serait alors possible de reconstituer l'état des deux galaxies, avant cannibalisme.

E n ce début des années quatre vingt dix, les idées émergent les uns après les autres. Ainsi on prévoit que les clusters de masse négative de la structure à très grande échelle doivent atténuer la luminosité des galaxies de l'arrière plan, à fort red shift, par negative gravitational lensing. Effectivement, les galaxies à $z > 7$ ont des magnitudes faibles qui ont amené les astrophysiciens à conclure que c'étaient des galaxies naines. Mais ce nouveau modèle suggère qu'il puisse s'agir de galaxies de taille normale, ayant leur magnitude atténuée par negative lensing.

Pendant les quelques mois où nous pouvons bénéficier des moyens de calculs, grâce à l'étudiant Frédéric Descamp, avant que sa hiérarchie de mette fin à ce détournement des temps de calcul du centre DAISY, nous construisons les conditions initiale correspondant à une galaxie 2D orbitant dans une lacune de masse négative, assurant son confinement. Ci-après l'allure de ces conditions initiales. Les deux systèmes sont non collisionnels. Au titre de conditions initiales nous dotons notre galaxie d'une rotation en corps solide. Ci après notre galaxie 2D en conditions initiales.

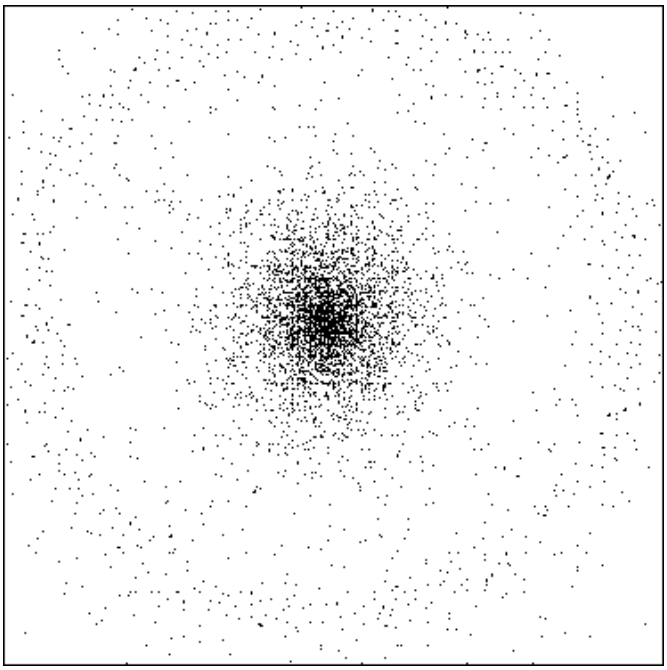


Fig.18 : Conditions initiales de la simulation 2D

Le résultat fut immédiatement stupéfiants (1992 !)

Une superbe galaxie barrée se forme au bout de quelques tours pendant lesquels de fortes variation transitoires se manifestent.

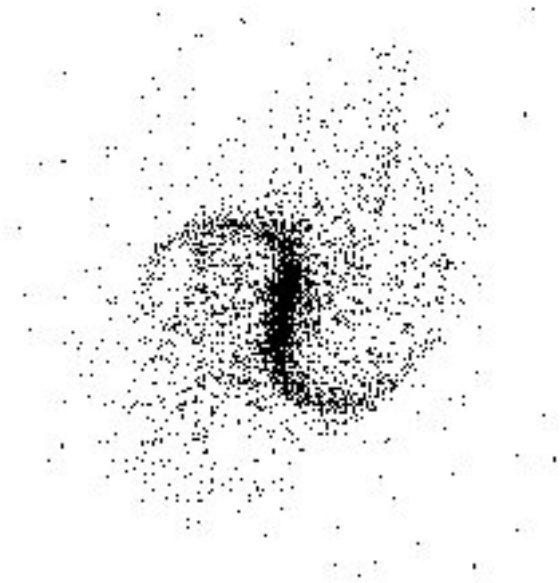


Fig.19 : Spirale barrée perdurant pendant 30 tours.

Ce résultat éclaire la façon dont évoluent les systèmes non collisionnels, par échange de moment cinétique et d'énergie. Comme ces transferts ne peuvent s'effectuer par le jeu de collisions ils se jouent sur une plus grande échelle à travers des ondes de densité. La perte de quantité de mouvement de la galaxie peut se lire dans la figure suivante.

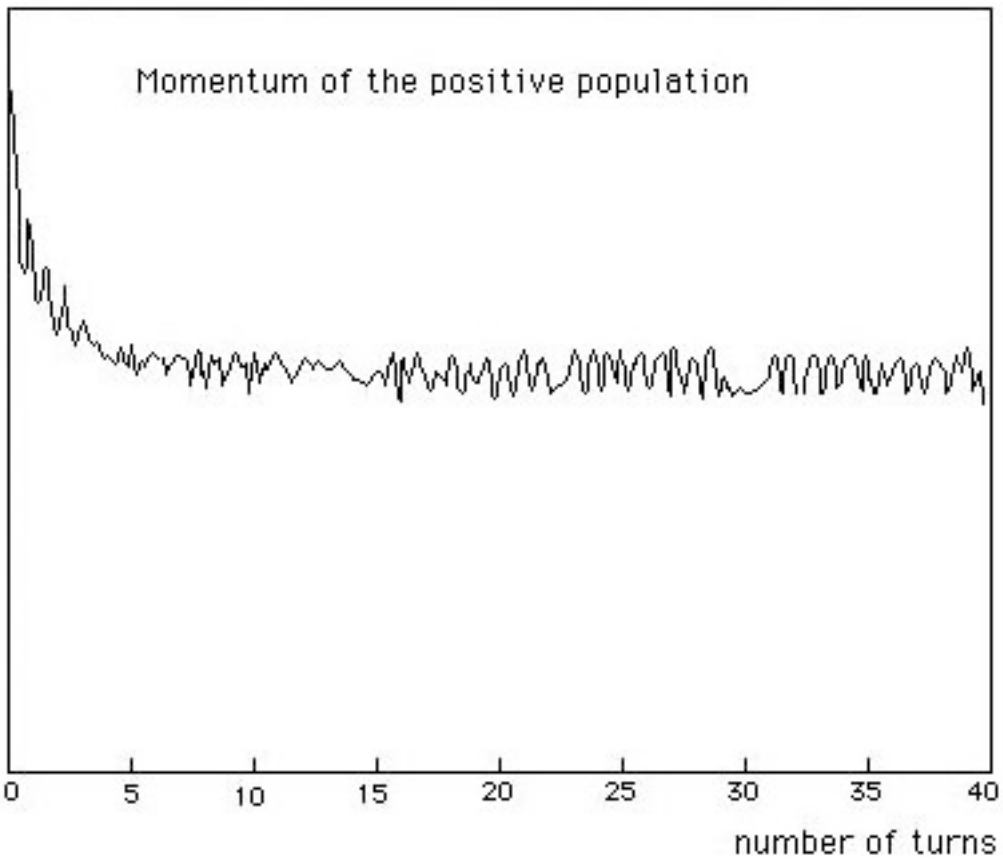


Fig.20 : Evolution du moment cinétique de la galaxie.

Cette évolution traduit un freinage intense durant les premiers tours, suivi d'une décroissance régulière , plus faible, du moment cinétique, traduisant l'interaction de la galaxie de masse positive avec son environnement de masse négative, par onde de densité.

Pendant le peu de mois, au début des années quatre vingt, où nous pouvons, grâce à l'étudiant Frédéric Descamp, bénéficier de moyens de calcul conséquents, avant que sa hiérarchie ne mette fon à cette activité de recherche sauvage, nous identifions la cause possible de l'enroulement prononcé des bras spiraux au contraste de densité entre des deux population, de masse positive et de masse négative. Plus l'importance des masses négatives croit et plus les bras spiraux sont enroulés.

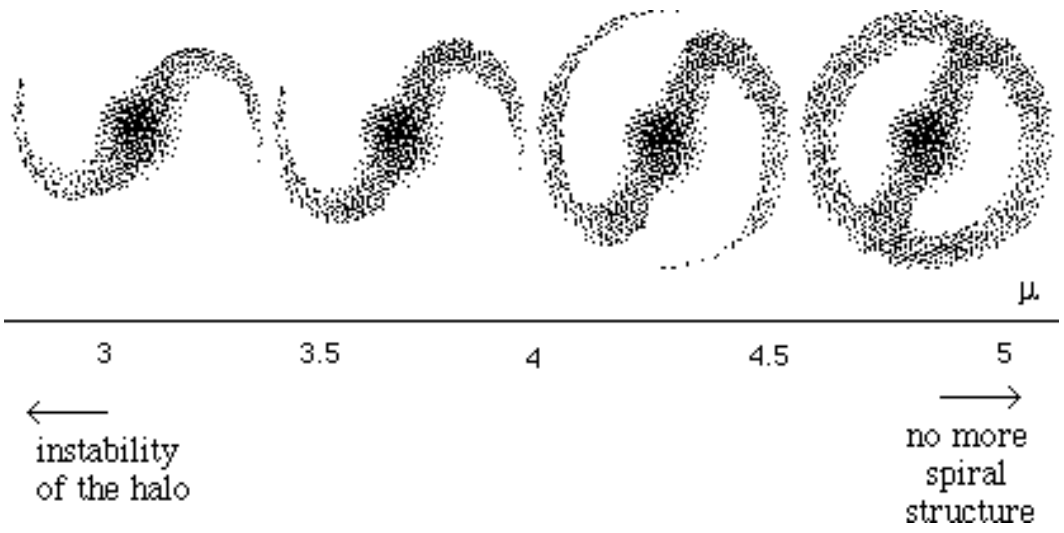


Fig. 21 : Effet du contraste de densité sur l'enroulement des bras.

De tels résultats, résultant d'une hypothèse purement heuristique, nous donnent la conviction de la forme supposée de l'interaction selon les lois :

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

constitue une piste à suivre. Mais il faut concrétiser cette approche en produisant un modèle cosmologique complet. A ce stade il devient évident qu'il faut s'écarter du modèle de la Relativité Générale classique, puisque l'équation d'Einstein engendre aussitôt des lois d'interaction débouchant sur l'ingérable phénomène runaway.

Pour commencer, quand on place deux masses témoins dans un champ gravitationnel il faut que celles-ci aient un comportement différent, donc suivent des géodésiques différentes, issues de deux champs de tenseurs métriques différents.

$$g^{(+)}_{\mu\nu} \quad \text{and} \quad g^{(-)}_{\mu\nu}$$

A partir de ces deux métriques on construit alors les champs de tenseurs de Ricci correspondants et les champs de scalaires de Ricci

$$R^{(+)}_{\mu\nu} \quad \text{and} \quad R^{(-)}_{\mu\nu}$$

$$R^{(+)} \quad \text{and} \quad R^{(-)}$$

4 – **A la recherche d'un nouveau modèle. Le temps du bricolage** (1995-2014).

Le modèle d'Einstein suppose que l'univers est un Riemanian 4-manifold de signature

(- + + +)

Commençons par rappeler la démarche de la Relativité Générale :

On écrit ses quatre variables en supposant qu'il s'agisse de longueurs, mesurées en mètres.

(15) $$X = \left\{ x^\circ , x^1 , x^2 , x3 \right\}$$

La métrique est $g_{\mu\nu(X)}$, le tenseur de Ricci est $R_{\mu\nu(X)}$, le scalaire de Ricci $R_{(X)}$.

Cette métrique est solution de l'équation d'Einstein :

(16) $$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R\, g_{\mu\nu} + \Lambda\, g_{\mu\nu} = \chi\, T_{\mu\nu}$$

Le second membre est un champ de tenseur représentant l'énergie-matière. En notation mixte ce tenseur est :

(17) $$T_{\mu}^{\nu} = \begin{pmatrix} \rho c^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -p \end{pmatrix}$$

Dans cette hypersurface espace-temps, on suppose que la métrique tangente est Lorentzienne :

(18) $$ds^2 = -\left(dx^\circ\right)^2 + \left(dx^1\right)^2 + \left(dx^2\right)^2 + \left(dx^3\right)^2$$

En coordonnées sphériques avec $r = \sqrt{(x^1)^2 + (x^2)^2\ (x^3)^2}$ il vient

(19) $$ds^2 = -\left(dx^\circ\right)^2 + dr^2 + r^2\left(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2 \right)$$

On définit deux scale factors.

Un space scale factor a , selon :

(20) $$r = a\, u$$

ce qui fait intervenir une distance radiale adimensionnelle u.

Et un time space factor T défini selon :

(21) $$x^\circ = c\, T\, \tau$$

où x° est en mètres, T est en secondes, c en mètres par seconde, ce qui fait apparaître un chronological time marker ξ^{o}, sans dimension. C'est un simple nombre. On verra plus loin pourquoi.

Dans la relativité Générale on suppose que ces deux grandeurs c et T sont des constantes absolues et, sur la base de cette hypothèse on introduit le temps cosmique :

(22) $$t = T\,\xi^{o}$$

Ce qui fait qu'on peut écrire la métrique tangente :

(23) $$ds^2 = -c^2dt^2 + dr^2 + r^2\left(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2 \right) = -c^2dt^2 + a^2\left(du^2 + u^2d\theta^2 + u^2\sin^2\theta d\varphi^2 \right)$$

A partir de là le modèle s'enrichit des solutions issues de la métrique FRLW :

(24) $$ds^2 = -dx^{o\,2} + a^2\left[\frac{dr^2}{1-kr^2} + d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2 \right]$$

où k est l'indice de courbure. En introduisant cette forme de la métrique dans l'équation de champ, avec :

(25) $$\dot{a} = \frac{da}{dx^{\circ}} \qquad \ddot{a} = \frac{d^2a}{dx^{\circ\,2}} \qquad \chi = -\frac{8\pi G}{c^4}$$

on obtient un système de deux équations de champ, dites « équations d'Einstein » :

(26) $$-\chi\,\rho c^2 = -\Lambda + \left[\frac{3k}{a^2} + \frac{3\dot{a}^2}{a^2} \right]$$

(27) $$-\chi\, p = -\Lambda + \left[\frac{k}{a^2} + \frac{\dot{a}^2}{a^2} + \frac{2\ddot{a}}{a} \right]$$

C'est un système de deux équations différentielles, qui doivent être « compatibles » pour garantir l'existence d'une solution. Le calcul classique conduit à la relation :

(28)

$$\frac{da}{a} + \frac{1}{3}\left(\frac{d\rho}{\rho + p/c^2} \right) = 0$$

Dans le cas d'un univers de poussière (p=0) ceci conduit à une relation traduisant la conservation de l'énergie (ou de la masse, puisque c est considéré comme constant) :

(29) $$\rho c^2 a^3 = Cst$$

et à une équation différentielle, qui fournit trois types de solution selon les valeurs de $k \in \{ -1, 0, +1 \}$.

Dans le cas d'un univers de radiation

(30) $$p_r = \frac{\rho_r c^2}{3}$$

il n'y a qu'une unique solution avec k = 0 et où a varie en $\sqrt{x°}$. Comme x° est proportionnel au « temps cosmique » : a varie en $\sqrt{t}$.

Voyons maintenant ce qui se passe dans une configuration bimétrique.

5 - **Notations.**

Nous allons utiliser les notations suivantes, pour coller avec l'article positionné sur HAL :

https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03285671/document

Dans des articles précédents nous avons utilisé (+) et (-) pour désigner ce qui se réfère aux masses positives et aux masses négatives. Ainsi les métriques se référent aux espèces de masse positive et négatives sont $g^{(+)}_{\mu\nu}$ and $g^{(-)}_{\mu\nu}$

Dans ce qui suit, comme dans l'articles HAL, comme nous faisons largement référence aux travaux de Sabine Hossenfelder, nous reprendrons ses notations. Ainsi ce qui se réfère aux masses négatives est-il désigné par un soulignement.

Exemple, le tenseur énergie matière désignant les masses négatives devient :

$$\underline{T}_{\underline{\nu\kappa}}$$

Les tenseurs métriques des deux espèces sont :

$$g_{\kappa\nu} \quad \text{and} \quad \underline{h}_{\underline{\nu\kappa}}$$

Leurs déterminants :

$$g \quad \text{and} \quad \underline{h}$$

Les tenseurs de Ricci qui en découlent sont notés :

$$R_{\kappa\nu} \quad \text{and} \quad R_{\underline{\nu\kappa}}$$

Et les scalaires de Ricci correspondants :

$$^{(g)}R \quad \text{and} \quad ^{(\underline{h})}R$$

Les space scale factors sont :

- Pour les masses positives, désigné par la lette *a*
- Pour les masses négatives, désigné par la lettre *b*

6 - **Premier bricolage, au début des années quatre vingt dix :**

Nous supposons, de manière heuristique, que le modèle pourrait découler du système d'équations de champ couplées :

(31)

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

$$ {}^{(\underline{h})}R_{\underline{\nu}\underline{\kappa}} - \frac{1}{2} \underline{h}_{\underline{\nu}\underline{\kappa}}\, {}^{(\underline{h})}R = -\underline{\chi} \left[T_{\nu\kappa} + \underline{T}_{\underline{\nu}\underline{\kappa}} \right] $$

En supposant que les deux champs de matière correspondent à

(32)

$$ T_{\kappa}^{\nu} = \begin{pmatrix} \rho c^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -p \end{pmatrix} \qquad \underline{T}_{\underline{\kappa}}^{\underline{\nu}} = \begin{pmatrix} \underline{\rho}\,\underline{c}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\underline{p} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\underline{p} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\underline{p} \end{pmatrix} $$

avec :

(33) $$ \rho > 0 \quad p > 0 \quad \text{and} \quad \underline{\rho} < 0 \quad \underline{p} < 0 $$

Un tel système donne les lois d'interaction souhaitées. De plus, dans la mesure où les mases de signes opposés s'excluent mutuellement on peut penser qu'au voisinage du système solaire la densité de masse négative doit être négligeable, c'est à dire que, localement $\underline{T}_{\kappa\nu} \simeq 0$. Alors la première des deux équations s'identifie alors avec l'équation d'Einstein, sans sa constante cosmologique.

Donc système vérifie les observations relativistes locales

7 - **Nous tentons de construire des solutions instationnaires donnant**

$$ a_{(x^\circ)} \quad \text{and} \quad b_{(x^\circ)} $$

Les deux métriques sont définies sur le même 4-manifold dont les points sont repérés par :

- une coordonnée chronologique commune x°
- Des coordonnées d'espace (u , θ , φ) , de simples nombres.

Les deux métriques sont donc :

(34) $$ds^2 = -\,dx^{o\,2} + a^2\left[\frac{du^2}{1-k\,u^2} + d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2\right]$$

(35) $$d\underline{s}^2 = -\,dx^{o\,2} + b^2\left[\frac{du^2}{1-\underline{k}\,u^2} + d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2\right]$$

On introduit deux solutions FRLW couplées :

$$\mathrm{ds}^2 = -\,\mathrm{dx}^{o\,2} + \mathrm{a}^2\left[\frac{\mathrm{dr}^2}{1-\mathrm{kr}^2} + \mathrm{d}\theta^2 + \sin^2\theta\,\mathrm{d}\varphi^2\right] \qquad (14a)$$

$$\mathrm{d}\underline{\mathrm{s}}^2 = -\,\mathrm{dx}^{o\,2} + \mathrm{b}^2\left[\frac{\mathrm{dr}^2}{1-\underline{\mathrm{k}}\mathrm{r}^2} + \mathrm{d}\theta^2 + \sin^2\theta\,\mathrm{d}\varphi^2\right] \qquad (14b)$$

On obtient, avec :

(36) $$\dot{a} = \frac{da}{dx^{o\,2}} \qquad \ddot{a} = \frac{d^2a}{dx^{o}} \qquad \dot{b} = \frac{db}{dx^{o}} \qquad \ddot{b} = \frac{d^2a}{dx^{o\,2}}$$

deux couples d'équations différentielles :

(37) $$-\chi\left[\rho c^2 + \underline{\rho}\,\underline{c}^2\right] = \frac{3k}{a^2} + \frac{3\dot{a}^2}{a^2}$$

(38) $$-\chi\left[\rho c^2 + \underline{\rho}\,\underline{c}^2 + p + \underline{p}\right] = -\frac{k}{a^2} - \frac{\dot{a}^2}{a^2} - \frac{2\ddot{a}}{a}$$

(39) $$\underline{\chi}\left[\underline{\rho}\,\underline{c}^2 + \phi\rho c^2\right] = \frac{3\underline{k}}{\underline{b}^2} + \frac{3\dot{\underline{b}}^2}{\underline{b}^2}$$

(40) $$\underline{\chi}\left[\underline{\rho}\,\underline{c}^2 + \phi\rho c^2 + \underline{p} + \phi p\right] = -\frac{\underline{k}}{\underline{b}^2} - \frac{\dot{\underline{b}}^2}{\underline{b}^2} - \frac{2\ddot{\underline{b}}}{\underline{b}}$$

On applique alors la même technique de calcul, inspirée du traitement des deux équations d'Einstein, et on obtient :

(41) $$\frac{\frac{d}{dx^{\circ}}\left[\rho c^2 + \underline{\rho}\,\underline{c}^2\right]}{\left[\rho c^2 + \underline{\rho}\,\underline{c}^2 + p + \underline{p}\right]} + \frac{3}{a}\frac{da}{dx^{\circ}} = 0$$

(42) $$\frac{\frac{d}{dx^{\circ}}\left[\rho c^2 + \underline{\rho}\,\underline{c}^2\right]}{\left[\rho c^2 + \underline{\rho}\,\underline{c}^2 + p + \underline{p}\right]} + \frac{3}{b}\frac{db}{dx^{\circ}} = 0$$

qui nous donne la contrainte :

(43) $$a \equiv b$$

Qui ne correspond pas à l'hypothèse heuristique que nous avions faite, qui se fondait sur une profonde dissymétrie entre les deux espèces.

8 – 2013 : **Tentative d'amélioration du système des deux équations de Champs.**

On envisage alors le système (toujours selon une démarche heuristique) :

(44)
$$^{(g)}R_{\kappa\nu} - \frac{1}{2} g_{\kappa\nu}\, ^{(g)}R = \chi \left[T_{\kappa\nu} + \varphi \underline{T}_{\underline{\kappa}\underline{\nu}} \right]$$
$$^{(\underline{h})}R_{\underline{\nu}\underline{\kappa}} - \frac{1}{2} \underline{h}_{\underline{\nu}\underline{\kappa}}\, ^{(\underline{h})}R = -\underline{\chi} \left[\phi T_{\nu\kappa} + \underline{T}_{\underline{\nu}\underline{\kappa}} \right]$$

On obtient alors les quatre équations :

(45) $$-\chi \left[\rho c^2 + \varphi \underline{\rho}\, \underline{c}^2 \right] = \frac{3k}{a^2} + \frac{3\dot{a}^2}{a^2}$$

(46) $$-\chi \left[\rho c^2 + \varphi \underline{\rho}\underline{c}^2 + p + \varphi\, \underline{p} \right] = -\frac{k}{a^2} - \frac{\dot{a}^2}{a^2} - \frac{2\ddot{a}}{a}$$

(47) $$\underline{\chi} \left[\underline{\rho}\, \underline{c}^2 + \rho c^2 \right] = \frac{3\underline{k}}{\underline{b}^2} + \frac{3\dot{\underline{b}}^2}{\underline{b}^2}$$

(48) $$\underline{\chi} \left[\underline{\rho}\, \underline{c}^2 + \rho c^2 + \underline{p} + p \right] = -\frac{\underline{k}}{b^2} - \frac{\dot{b}^2}{b^2} - \frac{2\ddot{b}}{b}$$

qui conduit cette fois aux équations de compatibilité :

(49) $$\frac{\frac{d}{dx^\circ}\left[\rho c^2 + \varphi \underline{\rho}\, \underline{c}^2 \right]}{\left[\rho c^2 + \varphi \underline{\rho}\, \underline{c}^2 + p + \varphi\, \underline{p} \right]} + \frac{3}{a}\frac{da}{dx^\circ} = 0$$

(50) $$\frac{\frac{d}{dx^\circ}\left[\phi \rho c^2 + \underline{\rho}\, \underline{c}^2 \right]}{\left[\phi \rho c^2 + \underline{\rho}\, \underline{c}^2 + \phi p + \underline{p} \right]} + \frac{3}{b}\frac{db}{dx^\circ} = 0$$

Une solution dissymétrique peut alors être proposée en posant :

(51) $$\varphi = \frac{b^3}{a^2} \qquad \phi = \frac{a^3}{b^2}$$

Si on suppose que les deux entités sont des dust universes $p = \underline{p} = 0$ alors les deux équations de compatibilité se résument à une seule équation :

(52) $$\frac{d}{dx^\circ}(\rho c^2 a^3 + \underline{\rho}\,\underline{c}^2 b^3) = 0$$

Ce qui correspond à une conservation généralisée de l'énergie :

(53) $$\rho c^2 a^3 + \underline{\rho}\,\underline{c}^2 b^3 = E = Cst$$

Le système d'équations de champ devient alors [45] :

(53 bis)

$$^{(g)}R_{\kappa\nu} - \frac{1}{2} g_{\kappa\nu}\, ^{(g)}R = \chi \left[T_{\kappa\nu} + \left(\frac{b}{a}\right)^3 \underline{T}_{\underline{\kappa}\underline{\nu}} \right]$$

$$^{(\underline{h})}R_{\underline{\nu}\underline{\kappa}} - \frac{1}{2} \underline{h}_{\underline{\nu}\underline{\kappa}}\, ^{(\underline{h})}R = -\underline{\chi} \left[\left(\frac{a}{b}\right)^3 T_{\nu\kappa} + \underline{T}_{\underline{\nu}\underline{\kappa}} \right]$$

Avec :

(54) $$\chi = -\frac{8\pi G}{c^4}$$

et :

(54) $$\underline{\chi} = -\frac{8\pi \underline{G}}{\underline{c}^4}$$

ce qu'on montre en linéarisant les deux métriques au voisinage des métriques Lorentziennes.

On obtient :

(54) $$\dot{a} = c\sqrt{-k - \frac{8\pi G}{3c^4}\frac{E}{a}}$$

(55) $$\dot{b} = \underline{c}\sqrt{-\underline{k} + \frac{8\pi \underline{G}}{3\underline{c}^4}\frac{E}{b}}$$

(56) $$a^2 \ddot{a} = -\frac{8\pi G}{3c^2} E$$

(57) $$b^2 \ddot{b} = \frac{8\pi \underline{G}}{3\underline{c}^2} E$$

Nous pouvons alors exploiter la donnée de l'accélération de l'expansion cosmique des masses positives : $\ddot{a} > 0$ qui implique que les deux indices de courbure soient négatifs :

(58) $$\boxed{E < 0}$$

et que l'énergie totale soit négative :

(59) $$\boxed{k = \underline{k} = -1}$$

Voilà donc notre dark energy ! L'idée qu'un contenu en masse négative puisse à la fois remplacer la dark matter et la dark energy gagne en crédibilité. La solution exacte de (56) avait été donnée par William Bonnor [2] . Quand à la solution de l'équation (57) c'est un des trois modèles de Friedmann, la solution hyperbolique. Les deux scale factor tendent vers leurs asymptotes respectives.

Explicitons :

(60) $$\dot{a} = c\sqrt{1 + \frac{8\pi G}{3c^4}\frac{|E|}{a}}$$

(61) $$\dot{b} = \underline{c}\sqrt{1 - \frac{8\pi \underline{G}}{3\underline{c}^4}\frac{|E|}{b}}$$

Les pentes des deux asymptotes sont respectivement c and $\underline{c}$. Il est difficile de concevoir mentalement que, alors que l'expansion des masses positives se trouve accélérée, par contre celle des masses négatives se trouve au contraire ralentie, *du moins dans cette phase matière*.

A partir de cette solution exacte Gilles d'Agostini développe dans l'article [36] la comparaison avec les données observationelles issues des 700 supernovae de type Ia. Le calcul est tout à fait classique. Le résultat correspond à la figure ci-après :

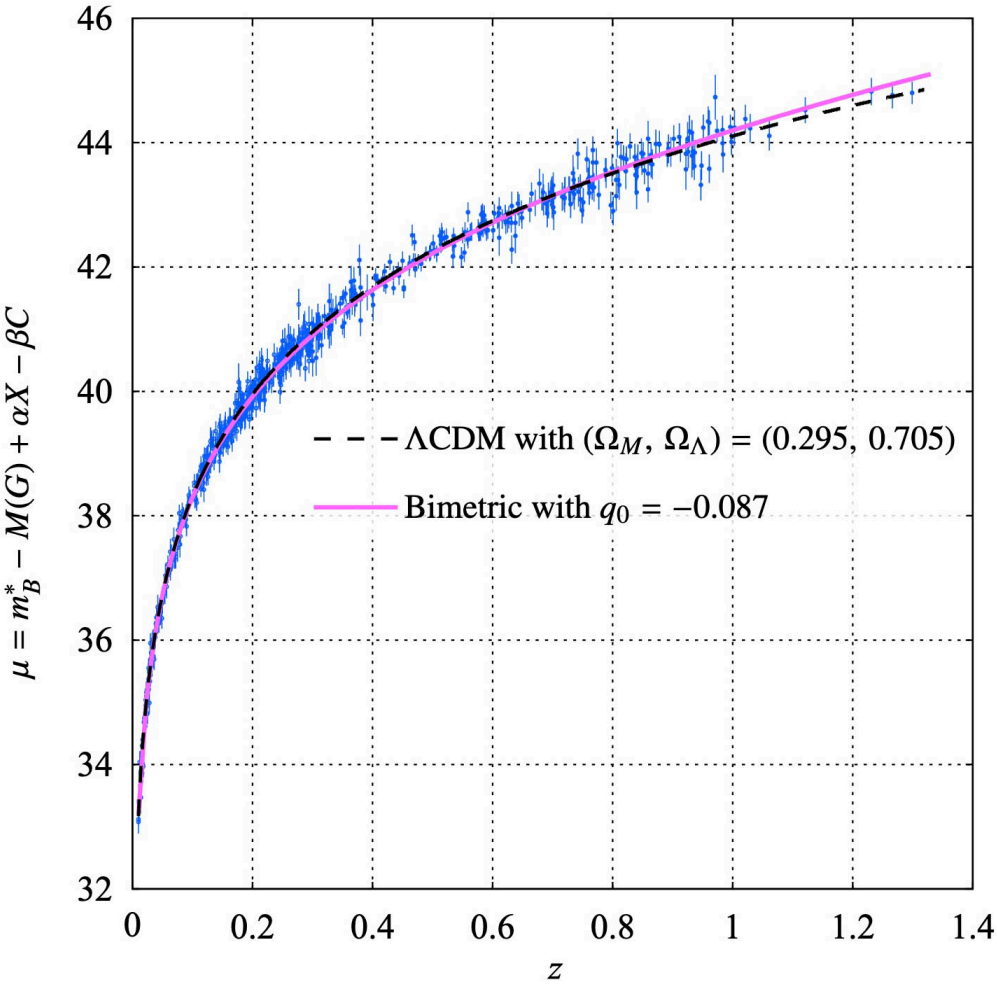


FiG.22 : Hubble diagrame compared with two models (Linear redshit scal) [36]

Revenons au système d'équations utilisées. A ce stade nous remarquons que les déterminants valent :

(63) $$g = -\frac{a^6}{1+u^2} \qquad \underline{h} = -\frac{b^6}{1+u^2}$$

Ce qui fait qu'on peut identifier le rapport :

(64) $$\frac{b^3}{a^3} = \sqrt{\frac{\underline{h}}{g}}$$

Ce qui suggèrere de passer (toujours heuristiquement !) au système :

$$
\begin{aligned}
&{}^{(g)}R_{\kappa\nu} - \frac{1}{2}\, g_{\kappa\nu}\, {}^{(g)}R = \chi \left[T_{\kappa\nu} + \sqrt{\frac{\underline{h}}{g}}\, \underline{T}_{\underline{\kappa}\underline{\nu}} \right] \\
(65)\qquad & \\
&{}^{(\underline{h})}R_{\underline{\nu}\underline{\kappa}} - \frac{1}{2}\, \underline{h}_{\underline{\nu}\underline{\kappa}}\, {}^{(\underline{h})}R = -\chi \left[\sqrt{\frac{g}{\underline{h}}}\, T_{\nu\kappa} + \underline{T}_{\underline{\nu}\underline{\kappa}} \right]
\end{aligned}
$$

Notons que nous sommes toujours dans une approche heuristique, puisque la construction du système d'équations à partir d'un Lagrangien n'est pas donnée.

Nous remarquons alors, en 2014, que ce système a une forte parenté avec celui publié en 2008 dans Physical Review D par la mathématicienne allemande Sabine Hossenfelder, que nous découvrons à l'époque, et que nous reproduisons ci-après :

$$
\begin{aligned}
&{}^{(g)}R_{\kappa\nu} - \frac{1}{2} g_{\kappa\nu}\, {}^{(g)}R \;=\; T_{\kappa\nu} - \underline{V} \sqrt{\frac{\underline{h}}{g}}\, a_{\nu}^{\underline{\nu}}\, a_{\kappa}^{\underline{\kappa}}\, \underline{T}_{\underline{\kappa}\underline{\nu}} \\
(69)\qquad & \\
&{}^{(\underline{h})}R_{\underline{\nu}\underline{\kappa}} - \frac{1}{2} \underline{h}_{\underline{\nu}\underline{\kappa}}\, {}^{(\underline{h})}R \;=\; \underline{T}_{\underline{\nu}\underline{\kappa}} - W \sqrt{\frac{g}{\underline{h}}}\, a_{\kappa}^{\underline{\kappa}}\, a_{\underline{\nu}}^{\nu}\, T_{\nu\kappa}
\end{aligned}
$$

Mais les signes ne sont pas les mêmes. Il y a des coefficients $\underline{V}$ and W ainsi que des matrices.

Nous tentons de nouer un dialogue avec elle. Nous lui proposos même de nous rendre à Frankfurt pour la rencontrer. Pas de réponse.

9 - **Les conditions d'une base mathématique solide d'un modèle cosmologique.**

A - Il faut définir un contexte géométrique clair.

> *A ce stade chose faite : On suppose que l'univers est un 4-manifold équipé de deux métriques Remaniennes, de signature commune* $(-,+,+,+)$ *, à partir desquelles on peut calculer les géodésiques, de longueur non nulle et nulle, le long desquelles cheminent les particules de masse positive et négative, ainsi que les photons d'énergie positive ou négative . Les observables se déduiront de l'analyse des trajets masses positives, suivant les géodésiques de la première métrique de longueur non nulle et des trajectoires des photons d'énergie positive, à l'exclusion de celles des photons d'énergie négative, que nos instruments ne peuvent capter, qui cheminent sur des trajectoires disjointes. Les structures composées de masse négative seront géométriquement invisibles et ne révèleront leur présence que par des effets d'anti gravitation.*

B – Le système des deux équations de champ devra dériver d'un Lagrangien.

C – Tous les tenseurs présents dans les équations devront être définis.

D – L'approximation Newtonienne devra fournir les lois d'interactions qui se sont révélées fécondes dans l'approche heuristique.

> *C'est fait : les masses positives s'attirent selon la loi de Newton, de même que les masses négatives, auto-attractives. Les masses de signes contraires se repoussent selon anti-Newton.*

E – Les équations de champ devront satisfaire les relations dérivant des conditions de Bianchi, être à divergence nulle.

Les points B , C , E *restent à établir.*

10 – **Notre propre dérivation Lagrangienne** [42]

Quand on écrit l'action d'Einstein-Hilbert , on introduit de suite la densité Lagrangienne $R\sqrt{-g}$. L'action s'écrit alors :

(70) $$S = \int_{D4} \left[R - \chi L \right] \sqrt{-g}\, d^4x$$

En faisant $\delta A = 0$ il vient

(70) $$\delta S = \int_{D4} \left[R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} - \chi T_{\mu\nu} \right] \sqrt{-g}\, \delta g^{\mu\nu} d^4x = 0$$

D'où l'équation d'Einstein (sans sa constante cosmologique) :

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

Nous tentons donc en 2015 de composer notre propre dérivation Lagrangienne [42] . Nous écrivons l'action sous la forme :

(72) $$A = \int_{D4} \left[\left({}^{(g)}R - \chi L^{(g/g)} - \underline{\chi} L^{(g/\underline{h})} \right) \sqrt{-g} + \left({}^{(\underline{h})}R - \underline{\chi} L^{(\underline{h}/\underline{h})} - \chi L^{(\underline{h}/g)} \right) \sqrt{-\underline{h}} \right] d^4x$$

Dans la dérivation les deux équations :

(73)
$$\delta \int_{D4} \left[{}^{(g)}R \sqrt{-g} \right] d^4x = \int_{D4} \left[{}^{(g)}R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} {}^{(g)}R g_{\mu\nu} \right] d^4x$$
$$\delta \int_{D4} \left[{}^{(\underline{h})}R \sqrt{-\underline{h}} \right] d^4x = \int_{D4} \left[{}^{(\underline{h})}R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} {}^{(\underline{h})}R \underline{h}_{\mu\nu} \right] d^4x$$

fournissent les premiers membres des deux équations.

Dans cette approche nous n'avons qu'un unique jeu d'indices μ and ν

On a ensuite quatre densités Lagrangiennes :

$\chi\, L^{(g/g)}\sqrt{-g}$ prend en charge l'action des masses positives sur les masses positives.

$\chi\, L^{(\underline{h}/g)})\sqrt{-\underline{h}}$ prend en charge l'action des lasses négatives sur les masses négatives.

La partie :

(74) $$\delta\int_{D4}\left[-\chi\, L^{(g/g)}\sqrt{-g}\ \ -\chi\, L^{(\underline{h}/g)})\sqrt{-\underline{h}}\ \right] d^4x$$

fournit le second membre de la première équation de champ.

(75) $$\delta\int_{D4}\left[-\underline{\chi}\, L^{(\underline{h}/\underline{h})}\sqrt{-\underline{h}}\ \ -\underline{\chi}\, L^{(g/\underline{h})})\sqrt{-g}\ \right] d^4x$$

fournit le second membre de la seconde équation de champ.

Dans ces deux parties, deux des termes ne posent pas a priori de problème :

(76) $$\delta\int_{D4}\left[-\chi\, L^{(g/g)}\sqrt{-g}\ \ \right] d^4x = \int_{D4}\left[-\chi\, T_{\mu\nu}\sqrt{-g}\ \delta\, g^{\mu\nu}\right] d^4x$$

(77) $$\delta\int_{D4}\left[-\underline{\chi}\, L^{(\underline{h}/\underline{h})}\sqrt{-\underline{h}}\ \right] d^4x = \int_{D4}\left[-\underline{\chi}\, \underline{T}_{\mu\nu}\sqrt{-\underline{h}}\ \delta\, \underline{h}^{\mu\nu}\right] d^4x$$

Ce sont les termes restants qui devront être définis. Il définiront les tenseurs :

(78) $$\delta\int_{D4}\left[\ -\chi\, L^{(\underline{h}/g)})\sqrt{-\underline{h}}\ \right] d^4x = \int_{D4}\left[\ -\chi\, \widehat{\underline{T}}_{\mu\nu}\sqrt{-\underline{h}}\ \delta\, \underline{h}^{\mu\nu}\right] d^4x$$

(79) $$\delta\int_{D4}\left[\ -\underline{\chi}\, L^{(g/\underline{h})}\sqrt{-g}\ \right] d^4x = \int_{D4}\left[\ -\underline{\chi}\, \widehat{T}_{\mu\nu}\sqrt{-g}\ \delta\, g^{\mu\nu}\right] d^4x$$

On voit, à ce stade, où apparaissent les facteurs $\sqrt{\dfrac{\underline{h}}{g}}$ and $\sqrt{\dfrac{g}{\underline{h}}}$

Il suffit d'écrire les deux expressions suivantes :

(80) $$\int_{D4}\left[-\chi\sqrt{\frac{\underline{h}}{g}}\ \widehat{\underline{T}}_{\mu\nu}\sqrt{-g}\ \delta\, \underline{h}^{\mu\nu}\right] d^4x$$

(81) $$\int_{D4}\left[\ -\underline{\chi}\sqrt{\frac{g}{\underline{h}}}\ \widehat{T}_{\mu\nu}\sqrt{-\underline{h}}\ \delta\, g^{\mu\nu}\right] d^4x$$

Pour obtenir le résultat escompté il nous faut définir un couplage entre les métriques $\boldsymbol{g}$ and $\underline{\boldsymbol{h}}$. Pour ce faire nous nous inspirons des propriétés des solutions métriques stationnaires, à symétrie sphérique (métriques de Schwarzschild extérieures) des équations dans second membre, issues de notre approche heuristique.

Pour cela nous allons considérer une situation où les space scale factors a et b sont considérés comme constants et nous posons :

(82) $$r = au \qquad \underline{r} = bu$$

(83) $$\underline{r}_s = r_s \frac{b}{a}$$

Considérons une région où la géométrie dans le vide, est créée par une masse contenue dans une sphère de rayon r_s , emplie d'une masse positive de masse volumique constante ρ . Les deux métriques extérieures s'écriront :

(84)

$$ds^2 = \left(1 - \frac{8\pi G \rho r_s^3}{3c^2 r} \right) dx^{\circ\,2} - \frac{dr^2}{1 - \frac{8\pi G \rho r_s^3}{3c^2 r}} - r^2 (d\theta^2 + \sin^2 d\varphi^2)$$

(85)

$$d\underline{s}^2 = \left(1 + \frac{8\pi \underline{G} \hat{\rho} \underline{r}_s^3}{3\underline{c}^2 \underline{r}} \right) dx^{\circ\,2} - \frac{d\underline{r}^2}{1 + \frac{8\pi \underline{G} \hat{\rho} \underline{r}_s^3}{3\underline{c}^2 \underline{r}}} - \underline{r}^2 (d\theta^2 + \sin^2 d\varphi^2)$$

En posant

`(86) $$\frac{8\pi G \rho r_s^3}{3c^2 r} = - \frac{8\pi \underline{G} \hat{\rho} \underline{r}_s^3}{3\underline{c}^2 \underline{r}}$$

les différentielles des deux métrique sont toutes deux proportionnelles à $\delta \rho$ et on a :

(87) $$\delta \boldsymbol{g} = - \delta \underline{\boldsymbol{h}}$$

En particulier :

(88) $$\delta g^{\mu\nu} = - \delta \underline{h}^{\mu\nu}$$

On peut objecter que la relation (87) dépend du système de coordonnées choisi. Elle n'est donc pas covariante. C'est le point de faiblesse de notre propre dérivation Lagrangienne, c'est la raison pour laquelle nous réfèrerons faire dépendre le système d'équations Janus de la méthode inspirée par l'article de Sabine Hossenfeder [37], lequel ne conduit pas aux mêmes résultats, du fait de choix de signes différents dans son action.

On peut faire le même raisonnement en considérant que les géométries extérieures seraient cette fois créées par une sphère emplie d'une masse négative de masse volumique constante.

On pourrait également effectuer la même démarche en considérant les géométries intérieures, correspondant aux métriques intérieures de Schwarzschild. Ici quand cette géométrie intérieure est créée par une sphère emplie de masse positive de densité constante :

(89)

$$ds^2 = \left[\frac{3}{2}\left(1 - \frac{8\pi G \rho r_s^{\,2}}{3c^2}\right)^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{2}\left(1 - \frac{8\pi G \rho r^2}{3c^2}\right)^{\frac{1}{2}} \right]^2 dx^{\circ\,2} - \frac{dr^2}{1 - \frac{8\pi G \rho r^2}{3c^2}} - r^2(\,\mathrm{d}\theta^2 + \sin^2\theta \mathrm{d}\varphi^2\,)$$

(90)

$$d\underline{s}^2 = \left[\frac{3}{2}\left(1 + \frac{8\pi \underline{G}\,\hat{\rho}\,\underline{r}_s^{\,2}}{3\underline{c}^2}\right)^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{2}\left(1 + \frac{8\pi \underline{G}\,\hat{\rho}\, r^2}{3\underline{c}^2}\right)^{\frac{1}{2}} \right]^2 dx^{\circ\,2} - \frac{d\underline{r}^2}{1 + \frac{8\pi \underline{G}\,\hat{\rho}\, r^2}{3\underline{c}^2}} - \underline{r}^2(\,\mathrm{d}\theta^2 + \sin^2\theta \mathrm{d}\varphi^2\,)$$

Là encore les variation des métriques sont proportionnelles à la variation de la masse volumique. On aura encore la relation non covariante $\delta\, \boldsymbol{g} = -\,\delta\, \underline{\boldsymbol{h}}$.

Les métriques $\boldsymbol{g}$ et $\underline{\boldsymbol{h}}$ appartiennent au même espace fonctionnel des métriques Riemanienne de signature $(-,+,+,+)$. Le lien imposé entre ces deux solutions métrique ne vaut que si celles-ci sont exprimées dans ce système de coordonnées particulier. Ceci étant, le système d'équations de champ issu de cette hypothèse produit les solutions de Schwarzschild intérieures et extérieures, modulo la contrainte qu'elles soient exprimées dans le système de coordonnées choisi.

Dans ces conditions les deux équations de champ deviennent

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

(91)

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

Il reste à déterminer la forme des tenseurs $\hat{T}_{\mu\nu}$ and $\hat{\underline{T}}_{\mu\nu}$, sources d'une géométrie induite (par une des espèces sur la géométrie de l'autre).

C'est la dernière contrainte, celle de la satisfaction des conditions de conservativité issues des conditions de Bianchi, qui va imposer la forme de ces tenseurs, sources des géométries induites. Ce calcul est assez fastidieux[46] .

Nous nous contenterons d'en donner le résultat :

Nous avons les tenseurs :

(91)
$$T_\mu^\nu = \begin{pmatrix} \rho c^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -p \end{pmatrix} \quad \underline{T}_\mu^\nu = \begin{pmatrix} \underline{\rho}\,\underline{c}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\underline{p} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\underline{p} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\underline{p} \end{pmatrix}$$

La conservativité, issue des relations de Bianchi, est satisfaite si

(92)
$$\widehat{T}_\mu^\nu = \begin{pmatrix} \rho c^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p \end{pmatrix} \quad \underline{\widehat{T}}_\mu^\nu = \begin{pmatrix} \underline{\rho}\,\underline{c}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{p} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \underline{p} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \underline{p} \end{pmatrix}$$

Concrètement elle traduise la propriété physique selon laquelle, à l'intérieur des masses, positives ou négatives, la force de gravité est équilibrée par la force de pression. A l'extérieur des masses ces identités sont satisfaites automatiquement, étant donné que les seconds membres son nuls et que les premiers membres sont à divergence nulle.

On voit que la satisfaction de la relation de conservation issue des identités de Bianchi, dans la seconde équation et dans la portion d'espace où une densité de masse positive constante, détermine la géométrie, et on obtient le tenseur source de la géométrie induite en inversant les termes de pression. Il ne faut pas voir là une chose ayant une signification physique particulière. C'est le simple résultat d'une contrainte mathématique pour retrouver là l'équilibre entre force de pression et force de gravité à l'intérieur de cette masse positive ?

11 – **Lien avec les autres théories bimétriques.**

La première tentative de construction d'un modèle bimétrique est, en 2004, celle de T.Damour et I.Kogan [38]. Ils imaginent que notre univers est en interaction avec une autre « brane », le tout étant dans un espace de dimension supérieure. Tout point de la première brane,, la brane « right », repérée par la lettre R est en interaction avec un point conjuguée de la seconde brane « left », repérée par la lettre L. Les auteurs écrivent leur action :

(93)
$$S = \int d^4x\sqrt{-g_R}\,(M_R^2 R(g_R) - \Lambda_R) + \int d^4x\sqrt{-g_L}\,(M_L^2 R(g_L) - \Lambda_L) + \int d^4x\sqrt{-g_R}\,L(\phi_R, g_R)$$
$$+ \int d^4x\sqrt{-g_L}\,L(\phi_L, g_L) + \int d^4x\,(g_R g_L)^{1/4} V(g_R, g_L)$$

They introduce Lagrangian densities in the action : the Ricci terms $R^R L^R\sqrt{-g^R}$, $R^L\sqrt{-g^L}$, the terms corresponding to positive matter $L^R\sqrt{-g^R}$ and negative matter $L^L\sqrt{-g^L}$, are based on the corresponding four-dimensional hypervolumes $\sqrt{-g^R}\,dx^o dx^1 dx^2 dx^3$ and

$\sqrt{-g^L}\ dx^o dx^1 dx^2 dx^3$. They introduce an interaction term : $\mu\left(g^R g^L\right)^{1/4}\sqrt{-g^L}\ dx^o dx^1 dx^2 dx^3$ based on an « average volume factor » $\left(g^R g^L\right)^{1/4}$.

They specify that their system of equations must satisfy the Bianchi identities. But their test does not lead to any model, because they cannot specify the nature of the interaction terms.

La seconde tentative est celle de S.Hossenfeler en 2008 [37]. Nous inciterons donc les lecteurs spécialistes à se référer à son article et au commentaire que nous donnons dans la section II.3 de la référence [37].. Son action est :

(94)
$$S = \int d^4x\left[\sqrt{-g}\ ({}^{(g)}R/8\pi G + L(\Psi)) + \sqrt{-h}\ P_{\underline{h}}(\underline{L}(\phi))\right]$$
$$+\int d^4x\left[\sqrt{-\underline{h}}\ ({}^{(\underline{h})}R/8\pi G + \underline{L}(\underline{\Phi})) + \sqrt{-\underline{g}}\ P_g(L(\psi))\right]$$

Son travail ne débouche pas sur une possibilité de confrontation de son modèle avec les observations. En effet, quand elle le construit, le fait qu'on observe une accélération de l'expansion cosmique n'a pas encore été clairement accepté par la communauté scientifique. Ce résultat ne sera considéré comme admis qu'en 2011 ([39],[40],[41]). Donc l'auteur effectue des choix, essentiellement ceux des signes des termes qui, dans son Lagrangien, lui permettent de coller avec ce qu'elle considère comme un modèle standard. Pour ce faire elle est obligée d'opter pour la non satisfaction du principe d'équivalence dans la façon dont elle traite cette seconde matière.

Lors qu'elle opère son calcul de variation elle introduit également un couplage entre les deux métriques, à travers une relation :

(95)
$$\delta h_{\kappa\lambda} = -\left[a^{-1}\right]^{\mu}_{\kappa}\left[a^{-1}\right]^{\nu}_{\lambda}\delta g_{\mu\nu}$$

similaire à la nôtre, mais plus générale au sens où sa présentation maintient la covariance. Ainsi elle parvient au système d'équations de champ couplées :

(96)
$${}^{(g)}R_{\kappa\nu} - \frac{1}{2}g_{\kappa\nu}\,{}^{(g)}R = T_{\kappa\nu} - \underline{V}\sqrt{\frac{\underline{h}}{g}}\,a^{\underline{\nu}}_{\nu}\,a^{\underline{\kappa}}_{\kappa}\,\underline{T}_{\underline{\kappa\nu}}$$
$${}^{(h)}R_{\underline{\nu\kappa}} - \frac{1}{2}\underline{h}_{\underline{\nu\kappa}}\,{}^{(\underline{h})}R = \underline{T}_{\underline{\nu\kappa}} - W\sqrt{\frac{g}{\underline{h}}}\,a^{\underline{\kappa}}_{\kappa}\,a^{\nu}_{\underline{\nu}}\,T_{\nu\kappa}$$

Dans son analyse les vitesses de la lumière sont prises égales à l'unité, de même que les constantes d'Einstein. On voir que les différents signes diffèrent. Pour une analyse détaillée de son article, voir la référence [16]. Nous citerons des phrases extraites de son article :

In her section VII she writes:

The model we laid is purely classical. We will assume that the field content for both, the g-field and the h-field, is identical, such as we have two copies of the Standard Model.

In her section VIII, we quote:

The kinetic energies are still strictly positive and conserved.

Comme ces énergies cinétiques sont $\frac{1}{2}\rho < v^2 >$ and $\frac{1}{2}\underline{\rho} < \underline{v}^2 >$ on voit qu'elle a opté pour des gravitational masses positives, dans les deux populations : $m_g > 0$ and $\underline{m}_g > 0$

Pour obtenir un effet d'antigravitation elle opte pour une masse inertielle négative, pour la seconde population : $\underline{m}_i < 0$. Ainsi le principe d'équivalence est il abandonné pour la seconde espèce, ce qui diffère du modèle Janus.

Elle précise :

Bimetric theories generically violate the equivalence principle because now have two different ways of coupling to gravity.

En pensant que cette violation du principe d'équivalence serait un propriété générique des modèles bimétriques.

Plus mathématicienne que physicienne elle écrit :

Both types of fields only interact gravitationally, so the h-fields constitute a kind of very weakly interacting dark matter.

Sa seconde matière n'interagit pas plus faiblement, que ne le font les masses positives, interagissant avec leurs semblables.

Nous regrettons que Sabine Hossenfelder ait systématiquement rejeté toute proposition de collaboration, visiblement à cause du lien que nous invoquions entre notre modèle et le dossier UFO. Ella tenu en 2021 a affirmer sa position conservatrice en critiquant [47] les propos d'Avi Loeb, et en affirmant, à titre de conclusion, à propos de l'objet Oumuamua :

- *Ce dont nous sommes sûrs c'est que nous ne savons pas ce que c'est.*

12- **Récapitulation des acquits du modèle Janus**.

Nous avons satisfait les conditions 9. Le modèle peut donc être considéré comme mathématiquement cohérent. Il représente un profond changement de paradigme, sous la forme d'une extension de la Relativité Générale. Les conformations observationnelles sont :

- (1) Des objets comme la dark matter et la dark energy sont remplacés par un contenu en masse négative, qui produit tous les effets attribués à ces deux composants hypothétiques.

- (2) Cette masse négative obéit au principe d'équivalence.

- (3) Les masses de même signe s'attirent selon la loi de Newton

- (4) Les masses de signes opposés se repoussent selon « anti-Newton ».

- (5) L'univers est le siège d'instabilités gravitationnelles conjointes, qui produisent une séparation des deux types de masses, en leur faisant occuper des portions de l'espace différentes.

- (6) On suppose que ces masses interagissent à l'issue d'une phase radiative commune, non décrite et que la valeur absolue de la masse volumique négative est grande devant celle de la masse positive.

- (7) Se crée alors une structure à grande échelle où la masse négative forme un réseau régulier de clusters sphéroïdaux. Le phénomène du Great Repeller trahit la présence d'un de ces clusters, échappant aux observations optiques.

- (8) En effet les masses négatives, émettant des photons d'énergie négative, échappe à nos observations et ne révèlent leur présence que par une action antigravitationnelle.

- (9) Les masses négatives créent un effet de négative gravitational lensing sur les photons d'énergie positive.

- (10) Cet effet atténue la magnitude des galaxies à fort redshift, qui ne seraient donc pas des galaxies naines.

- (11) Des observations plus fines, mettant en évidence un contraste de magnitude de ces objets, au voisinage du Great Repeller devrait permettre de déterminer son diamètre.

- (12) Quand la structure à très grande échelle se forme, la masse positive se trouve comprimée selon des plaques, ce qui facilite, après son échauffement par compression, son refroidissement rapide par rayonnement. Ceci suggère la construction d'un nouveau modèle de formation des galaxies.

- (13) Au moment où les galaxies se forment, la masse négative s'infiltre entre celles-ci et, exerçant sur elles une contrepression, assure leur confinement. .

- (14) Les galaxies ne sont donc pas des ensembles de points-masses, de masse positive (masse visible ou dark matter) orbitant à l'intérieur de leur champ de gravitation. Si on tente de construire un tel modèle grâce à un système de deux

équations de Vlasov, ou d'une équation de Vlasov et d'un équation de Boltzmann (pour la dark matter) ces systèmes auront des masses infinies.

- (14) Par contre les galaxies, constituées de masse positives, ont de masses finies. Leur confinement est assuré par leur environnement de masse négative.

- (16) Dans cette configuration les courbes de rotation du gaz présentent un plateau en périphérie .

- (17) La matière, agences selon une structure évoquant un système de bulles de savon jointives, donne naissance, par poursuite de l'instabilité gravitationnelle, a des filaments à la jonction de trois cellules) et à des amas (au point de jonction de quatre de ces cellules).

- (18) Les lacunes à différentes échelles dans la distribution de masse négative, dans lesquels se situent les galaxies et les amas de galaxies crée un effet de gravitational lensing positif. Les forts effets de lentille gravitationnelle sont donc expliqués.

- (19) L'hypothèse de la dominance de la masse négative, dont l'énergie est négative, provoque l'accélération de l'expansion cosmique. La distribution des différents composants se résume alors à :

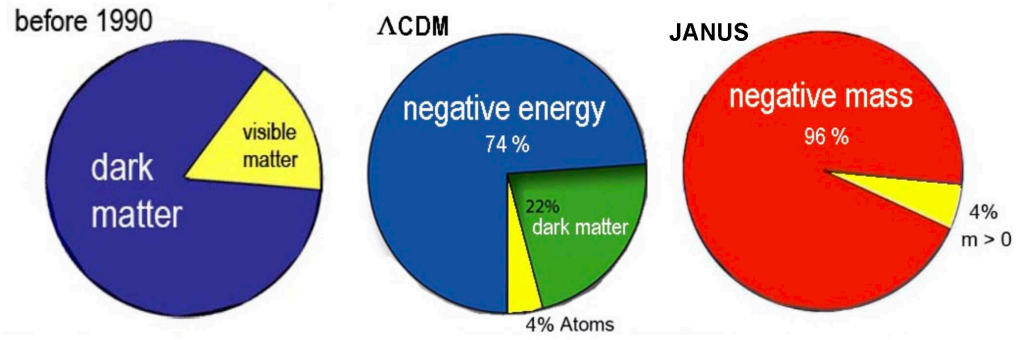


Fig.23 : Répartition des composants dans les différents modèles.

- (20) Les galaxies interagissent avec leur environnement de masse négative par des ondes de densité qui constituent leur structure spirale .

- (21) Comme la densité de masse négative est pratiquement inexistante dans le voisinage du Soleil la première équation s'identifie alors à l'équation d'Einstein. Le modèle s'accorde donc avec les observations relativistes locales : avance du périhélie de Mercure, effet de lentille gravitationnelle du à la masse du Soleil

Pour poursuivre la construction d'un modèle cosmologique intégrant toutes les données observationnelles il reste de nombreux points à élucider.

13- **La question de la non observation de l'antimatière primordiale**.

En 1967 le Russe Andréi Sakharov ([48] , [49] , [50])a émis une idée très étrange. Si étrange qu'on peut se demander s'il l'avait sorti de son imagination ou si quelqu'un la lui avait suggérée. Comme l'antimatière primordiale refuse de se laisser observer. Sakharov suggére que lors du Bing bang ça n'était pas un univers qui est créé, mais deux, symétrique par rapport à ce qu'il voit comme une singularité.

Qui plus est les flèches du temps de ces deux univers, qu'il désigne comme des jumeaux cosmiques, sont opposées. Ci-après une image didactique 2D du modèle d'univers gémellaire de Sakharov.

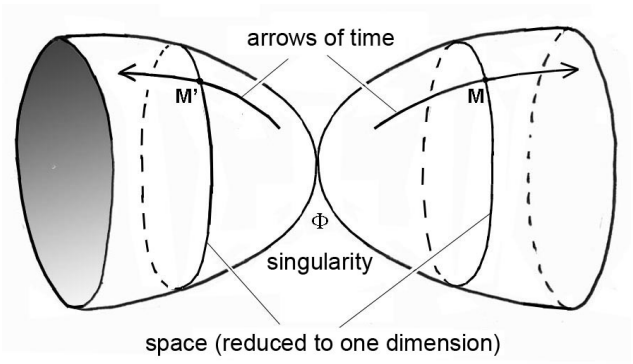


Fig.24 : Image didactique 2D de l'univers d'Andréi Sakharov

Sakharov imaginre que, dans ces deux univers, matière et antimatière se sont formées par combinaison de triades de quarks et d'antiquarks. En même temps les couples matière-antimatière s'annihilent en donnant des photons. Puis ces photons donnent de nouveau naissance à des paires matière-antimatière. Mais la longueur d'onde des photons se distend en même temps que ces univers eux-mêmes ce qui réduit du même coup l'énergie dont sont porteurs, au point que l'annihilation des paires gagne sur leur création.

Sakharov imagine alors que la synthèse de la matière, à partir de quarks, a été plus rapide dans notre univers, au détriment de la synthèse d'antimatière, à partir d'antiquarks. Ainsi dans notre fold d'univers subsistent:

- Des photons issus des annihilations.

- Un mélange de matière et d'antiquarks (dans un rapport trois à un), à raison d'un élément matière pour un milliard de photons.

Dans l'univers jumeau, situation inverse. On y trouve :

- Des photons issus de l'annihilation de la matière gémellaire et de sa sœur, l'antimatière gémellaire

- Un mélange d'antimatière et de quarks, (dans un rapport trois à un), à raison d'un élément de matière pour un milliard de photons.

Qui plus est, sans donner de raison à cela, Sakharov propose que ces deux univers jumeaux soient énantiomorphes, « en miroir ».

14- **Matière et groupes.**

A ce stade l'espace temps est celui de Minkowski avec sa métrique Lorentzienne. Reprenons le choix plus ancien de la signature , ce qui ne change rien quant au résultat, mais nous évite de devoir tout reprendre dans l'annexe de la référence [51].

(97) $$ds^2 = c^2dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

On a la matrice métrique :

(98) $$\mathbf{G} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Nous employons cette lettre **G** car c'est une matrice de Gramm.

Il est facile de construire le groupe d'isométrie de l'espace de Minkowski, qui correspond aux matrices : qui constituent le groupe de Poincaré, de dimension 10.

(99) $$\begin{pmatrix} \mathbf{L} & \mathbf{C} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{with} \quad \mathbf{C} = \begin{pmatrix} \Delta t \\ \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}$$

C est le quadrivecteur translation spatio-temporelle. **L** est un groupe de matrices (4,4), de dimension 6, axiomatiquement définies par :

(100) $$\mathbf{L}^T\,\mathbf{G}\,\mathbf{L} = \mathbf{G}$$

Ce sont des mouvements qui « habitent » l'espace de Minkowski, qui sont autant de géodésiques de cet espace. Le groupe agit sur ces mouvements. Soit

(101) $$\xi = \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

un point de l'espace temps. L'action du groupe est :

(102) $$\begin{pmatrix} \mathbf{L} & \mathbf{C} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \xi \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{L}\xi + \mathbf{C} \\ 1 \end{pmatrix}$$

Le groupe de matrices **L** , le groupe de Lorentz, axiomatiquement défini par (100) possède quatre composantes connexes.

- Il y a les matrices $\{ L_n \}$ qui n'inversent ni l'espace, ni le temps. Comme elle contient l'élément neutre on donne à cette composante le nom de « composante neutre ».

- Il y a les matrices $\{ L_s \}$ qui inversent l'espace, mais pas le temps.

On peut alors former :

- Le sous-groupe orthochrone $\{ L_o \} = \{ L_n \} \cup \{ L_s \}$ ou groupe de Lorentz restreint

Il reste deux autres composantes :

- Les matrices $\{ L_t \}$ qui inversent le temps, mais non l'espace.
- Les matrices $\{ L_{st} \}$ qui inversent le temps et l'espace.

La réunion des deux forme le sous-ensemble antichrone $\{ L_a \} = \{ L_t \} \cup \{ L_{st} \}$

Le groupe de Lorentz correspond à $\{ L \} = \{ L_o \} \cup \{ L_a \}$

En utilisant le sous groupe orthochrone on forme le groupe de Poincaré restreint :

(102) $$\begin{pmatrix} \mathbf{L}_o & \mathbf{C} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Dans la mesure où le groupe de Poincaré nous permet de décliner les différents mouvements possibles, la physique semble devoir bannir des mouvement antichrones, s'effectuant à rebrousse temps.

Si on part donc de la donnée d'un mouvement orthochrone, convenant à la physique et si on fait agir sur ses points un élément du groupe de Poincaré restreint, on obtiendra un autre mouvement orthochrone.

C'est la raison pour laquelle les physiciens théoriciens ont considéré que seuls les composantes orthochrones du groupe de Poincaré pouvaient avoir un sens physique.

En 1970 le mathématicien français Jean-Marie Souriau Associe à l'action d'un groupe de matrices une seconde action sur le dual de son algèbre de Lie, ou espace de moments [10]. C'est un espace qui est de même dimension que celle du groupe : dix. Les quantités

qui constituent ce moment sont les paramètres qui caractérisent les mouvements. parmi celles-ci, quatre constituent le quadrivecteur Energie-impulsion :

(103) $$P = \begin{pmatrix} E \\ p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix}$$

Parmi les six autres quantités, trois seulement, constituant le vecteur spin :

(104) $$\mathbf{s} = \begin{pmatrix} s_x \\ s_y \\ s_z \end{pmatrix}$$

somplètent des attributs caractérisant une particule. Les trois composantes restantes :

(105) $$\mathbf{f} = \begin{pmatrix} f_x \\ f_y \\ f_z \end{pmatrix}$$

qui constituent le vecteur « passage » pouvant être annulés en choisissant un système d'axes accompagnant la particules dans son mouvement.

Le groupe de Poincaré restreint ne gère que des états d'Energie positive.

15 - **Traduction géométrique de la symétrie matière-antimatière** [10]..

Il suffit d'adjointe à l'espace une cinquième dimension, notée ζ. Les points de l'espace sont alors repéré par le pentavecteur :

(106) $$\begin{pmatrix} \zeta \\ t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \zeta \\ \xi \end{pmatrix}$$

Le groupe associé à cet espace est alors représenté par les matrices :

(107) $$\begin{pmatrix} \mu & \mathbf{0} & \phi \\ \mathbf{0} & \mathbf{L}_o & \mathbf{C} \\ 0 & \mathbf{0} & 1 \end{pmatrix} \qquad \text{with} \quad \mu = \pm 1$$

C'est un groupe à 10 + 1 = 11 dimensions. On a un sous groupe des translations le long de la cinquième dimension, de la quantité ϕ . Le théorème de Noether indique qu'un scalaire doit être conservé. L'action de groupe correspondante est :

(108) $$q' = \mu q$$

q est la charge électrique. Les éléments correspondant à inversent à la fois la cinquième dimension et la charge électrique. Cela traduit la représentation géométrique de la C-symétrie, de la symétrie matière-antimatière.

16 – **Groupe dynamique des mouvements des masses positives et négatives**

Il suffit de mettre en œuvre le groupe de Poincaré complet, en remarquant qu'on le reconstitue en intégrant le groupe de Lorentz complet :

(109) $$\{ L \} = \{ \lambda L_o \} \text{ with } \lambda = \pm 1$$

dans la matrice :

(110) $$\begin{pmatrix} \lambda \mathbf{L}_o & \mathbf{C} \\ \mathbf{0} & 1 \end{pmatrix} \text{ with } \lambda = \pm 1$$

On a alors deux types de mouvements :

- Orthochrones, ceux de la matière à masse et énergie positive
- Antichrones, ceux de la matière à masse et énergie négative.

17 – **Intégration de la symétrie matière antimatière. Groupe Janus.**

Le groupe est :

(111) $$\begin{pmatrix} \lambda\mu & \mathbf{0} & \phi \\ \mathbf{0} & \lambda \mathbf{L}_o & \mathbf{C} \\ 0 & \mathbf{0} & 1 \end{pmatrix} \quad \text{with} \quad \begin{matrix} \lambda = \pm 1 \\ \mu = \pm 1 \end{matrix}$$

L'action du groupe sur son espace des moments s'enrichir d'une action supplémentaire :

(112) $$q' = \lambda \mu q$$

Partons du mouvement d'une particule de matière, de masse positive.

- Les termes $(\lambda = +1 ; \mu = +1)$ permettent de décliner toutes la gamme des mouvements des masses positives, électriquement chargées ou non chargées.

- Les termes ($\lambda = +1 ; \mu = -1$) opèrent une C-symétrie, inversent la charge, changent cette particule en antimatière de masse positive. Appelons-là « antimatière au sens de Dirac ».

- Les termes ($\lambda = -1 ; \mu = +1$) opèrent une PT- symétrie. La présence de la T-symétrie se traduit par une inversion de la charge, de la cinquième dimension, de l'énergie E et de la masse m de cette matière. Il s'agit d'antimatière, énantiomorphe (P-symétrie) et de masse négative (T-symétrie). Comme cinquième dimension est inversée c'est donc de l'antimatière. Ces mouvements seront ceux de ce que nous appellerons « antimatière au sens de Feynman ».

- Les termes ($\lambda = -1 ; \mu = -1$) opèrent une CPT- symétrie. La cinquième dimension n'est pas inversée. Ces mouvements sont donc ceux de matière, énantiomorphe (P-symétrie) et de masse négative (T-symétrie).

L'univers décrit par ce groupe dynamique comporte donc deux types de matières, de masses positive et de masse négative et deux types d'antimatière, de masse positive et de masse négative.

L'antimatière au sens de Dirac est celle que nous savons produire en laboratoire. Sa masse est positive.

Nous prédisons que cette matière se comportera comme la matière ordinaire dans le champ gravitationnel de la Terre, lors des expériences menées au CERN.

18 – **Contexte géométrique du modèle Janus.**

Si l'image didactique du modèle d'univers d'Andréi Sakharov correspond à la figure 23, la géométrie qui va avec ce groupe dynamique est celle du revêtement à deux feuillets d'un projectif. Cette idée avait été ébauchée en 1994 dans la publication que nous avions faite dans la revue Nuovo Cimento [12].

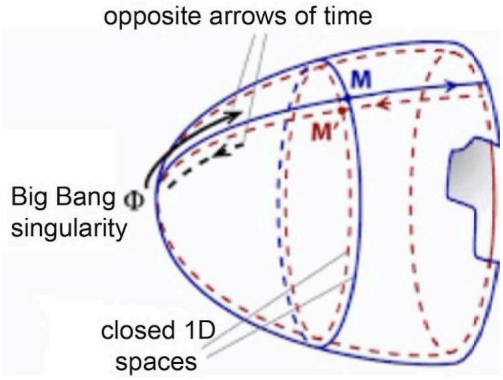


Fig.25 : Image didactique 2D de l'univers Janus

Les deux versants d'univers sont dans une relation de CPT-symétrie.

Dans ce modèle, si dans la monde des masses et des énergies négatives ont subsisté :

- Des photons d'énergie négative
- De la matière de masse positive
- Des antiquarks d'énergie positive

Le monde des masses et des énergies négatives sera constitué ;

- De photons d'énergie négative
- D'antimatière de masse négative
- De quarks d'énergie négative

Le modèle cosmologique Janus confrère dons une identité précise aux composants invisibles de l'univers. Il s'agit d'une copie de notre propre antimatière, de masse négative.

19 – **Nature des objets de l'univers négatif.**

On peut considérer que ce monde des énergies et des masses négatives a connue lui aussi une phase radiative, suivie d'une situation où la fusion aurait formé des éléments légers, comme de l'anti-hydrogène et de l'anti-hélium de masse négative. Mais la synthèse d'éléments lourds n'a pu se produire. En effet les clusters sphéroïdaux de ce monde des masses négatives peuvent être comparés à d'immenses proto-étoiles, dotées d'une cooling time excédant l'âge de l'univers. Ces proto-étoiles géantes ne passeront donc jamais au stade d'étoiles, sièges de la fusion.

En conséquence, dans ce monde des masses négatives, il n'existe ni galaxies, ni étoiles, ni planètes. La vie en est absente. Un observateur constitué de masse négative observerait ces objets sous l'aspect de masses floues émettant dans le rouge et l'infrarouge.

20 – **Le problème de l'origine.**

Si on remplace le BiG Bang par un space bridge, le modèle fournit alors une réponse originale, de nature topologique, à la question de l'origine :

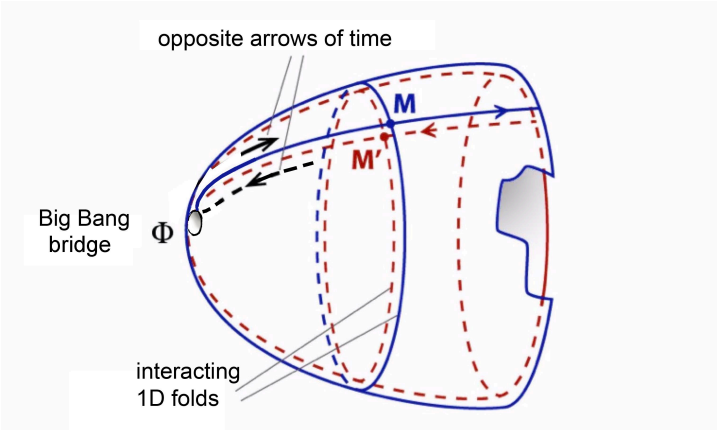


Fig.26 : Univers où le Big Bang est remplacé par un space bridge

Ainsi, « au moment du Big Bang » on aurait une triple inversion :

- De la flèche du temps
- De l'espace (énantiomorphie)
- Des charges quantiques.

21 – **Le modèle Janus et l'homogénéité du CMB.**

En 1988 les premières images du fond de rayonnement cosmologie, transmises par le satellite COBE ont créé une surprise en révélant une extraordinaire homogénéité et isotropie. Ceci posa immédiatement le problème de l'horizon cosmologique, supposé croître proportionnellement à la vitesse de la lumière c.

Actuellement l'explication retenue repose sur l'hypothèse d'une fantastique expansion de l'univers à un moment reculé de son histoire. Celle-ci doit alors être due à un nouveau champ, associé lui-même à une hypothétique particule, l'inflaton.

Or depuis plus de trente ans, on ne dispose d'aucun modèle crédible d'inflation. La seule vertu d'un tel modèle est qu'on ne disposerait d'aucun modèle alternatif.

En 1988, avant même que ne soient connus les résultats du satellite COBE nous avons publié dans Modern Physics Letters A un article [13] présentant le premier modèle à vitesse de la lumière variable où l'horizon cosmologique croît au même rythme que l'univers lui-même et qui justifie donc l'homogénéité de celui-ci à toutes les époques. Ajoutons que ce travail passa totalement inaperçu et reste totalement ignoré des spécialistes.

Cette tentative de rendre compte de l'extrême homogénéité de l'univers en invoquant une variation de la vitesse de la lumière a été ensuite repris par plusieurs auteurs ([14], [15]). Telle que ces derniers la conçoive, cette approche souffre de défauts. Le principal est d'ordre géométrique. Si on fait varier c, l'invariance par Lorentz n'est plus assurée. Par ailleurs cette grandeur c intervient dans de nombreuses quantités caractéristiques de la physique, comme le rayon de Bohr, ou même à travers des nombres comme la constante de structure fine. De telles variations sont alors difficilement compatibles avec les observations.

L'originalité de notre approche a été d'envisager des variations cointes de toutes les équations de la physique, laissant invariantes toutes les équations de la physique. Si ceci a été ébauché dans l'article de 1988, l'approche a été précisée dans le papier de 1995, paru dans Astrophysics and Space Science [5]. Le détail de l'établissement de ces lois de jauge généralisée est donné dans l'annexe C de [16].

Les physiciens et les ingénieurs pratiquement ce qu'on appelle l'analyse dimensionnelle. Par exemple les équations de Navier-Stockes font intervenir différents coefficients, comme la viscosité du fluide, sa conductivité thermique, etc. Les théoriciens rendent alors ces équations adimensionnelles de manière à faire apparaître les importances relatives de différents termes, qui sont alors pondérés par des nombres : le nombre de Reynolds, le Nombre de Prandtl, le nombre de Knudsen.

Le traitement auquel nous avons soumis toutes équations : équation de Champ, équations de Maxwell, équations quantiques a consisté à opérer une mise sous forme adimensionnelle généralisée, en introduisant des grandes caractéristiques pour :

- La constante de la gravitation : $G = G^* \Gamma$
- La masse : $m = m^* \vartheta$
- La vitesse de la lumière : $c = c^* \gamma$
- La constante de Planck : $h = h^* \theta$
- Le charge électrique élémentaire : $e = e^* \varepsilon$
- La perméabilité magnétique du vide : $\mu_o = \mu_o^* \sigma$

A cela nous avons adjoint :

- Un space scale factor : $x = a\,\xi^1$, $y = a\,\xi^2$, $z = a\,\xi^3$
- Un time scale factor : $t = t^* \xi^o$

Toutes les équations, dépendant des huit quantités: $\{ G^*, m^*, c^*, h^*, e^*, \mu_o^*, a, t^* \}$

Il apparaît alors que leur invariance peut être assurée su toutes ces quantités sont liées entre elles par ce que nous avons appelé :

une loi de jauge généralisée.

Différentes propriétés apparaissent alors.

- Toutes les formes d'énergies sont conservées. Par exemple $m^* c^{*2} = Cst$, etc

- Toutes les longueurs caractéristiques varient comme a. Par exemple la longueur de Schwarzschild :

$$\frac{2G^* m^*}{c^{*2}} = Cst$$

Il en est de même pour la longueur de Compton, la longueur de Planck, le rayon de Bohr, etc.

- Tous les temps caractéristiques varient comme t*. Exemple : le temps de libre parcours, moyen, le temps de Planck, le temps de Jeans, etc.

On peut alors en choisissant comme paramètre directeur une des huit quantités, exprimer les variations des sept autres en fonction de celle-ci. Si on prend le space factor a il vient :

(113) $$G^* \propto \frac{1}{a} \;;\; m^* \propto a \;;\; h^* \propto a^{3/2} \;;\; c^* \propto \frac{1}{\sqrt{a}} \;;\; e^* \propto a \;;\; \mu_o^* \propto a \;;\; t^* \propto a^{3/2}$$

On voit que l'invariance selon Lorentz est assurée, du fait que

(114) $ds^2 = c^2dt^2 - dx^2 - dy^2 - dy^2 = c^{*2}\, t^{*2}\, d\xi^{O2} - a^2\left[(d\xi^1)^2 + d(d\xi^1)^2 + d(d\xi^1)^2\right] \propto a^2$

Les lois de Kepler sont également conservées. Par exemple :

(115) $$(\text{ orbit period })^2 \propto (\text{ orbit radius })^3$$

La constante de structure fine α se comporte comme une constante absolue. La constante diélectrique du vide n'est pas une constante de plus car elle est lié à la vitesse de la lumière et à la perméabilité magnétique du vide. On trouve alors qu'elle n'est pas non plus affectée par ce processus de jauge.

Dans la mesure où toutes les lois de la physique restent invariantes dans ce processus de jauge généralisé on ne peut concevoir un instrument permettant de mettre en évidence la variation d'une de ces « constantes » de la physique au cours du temps.

Si rien n'est observable, quel serait l'intérêt d'une telle vision des choses ?

A un instant quelconque un photon dans cet univers, parcourt en un temps dt la distance dl selon :

(116) $$dl = c\, dt$$

En intégrant, on trouvera l'évolution de l'horizon cosmologique. Mais alors :

(117) $$\text{cosmological horizon } = \int c\, dt \propto \int \frac{1}{\sqrt{a}} d(a^{3/2}) \propto a$$

L'horizon cosmologique se dilate au même rythme que l'univers lui-même. C'est la seule propriété qui émerge de ce mode d'évolution à constantes variables. Mais sa confirmation observationnelle est … la remarquable homogénéité de l'univers primitif, révélée par l'image de son CMB :

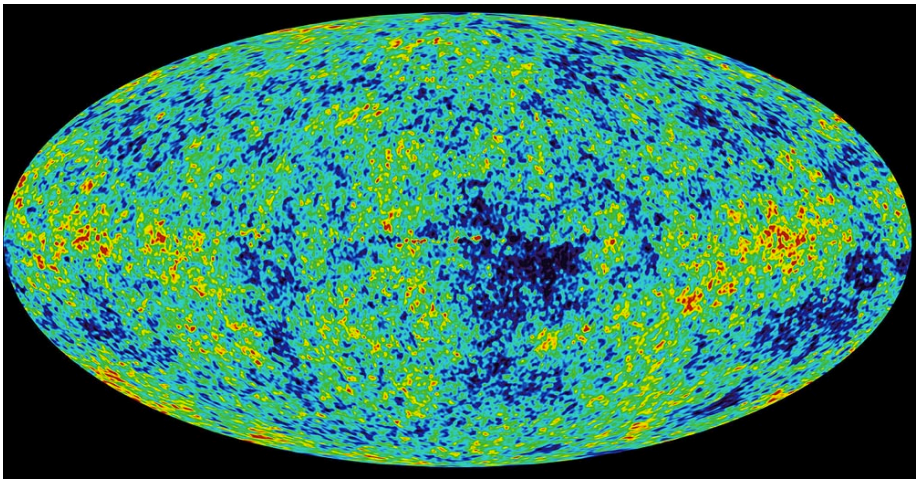


Fig.27 : Cosmic Background.

Les images ci-après représentent une image didactique 2D des deux modes d'évolution.

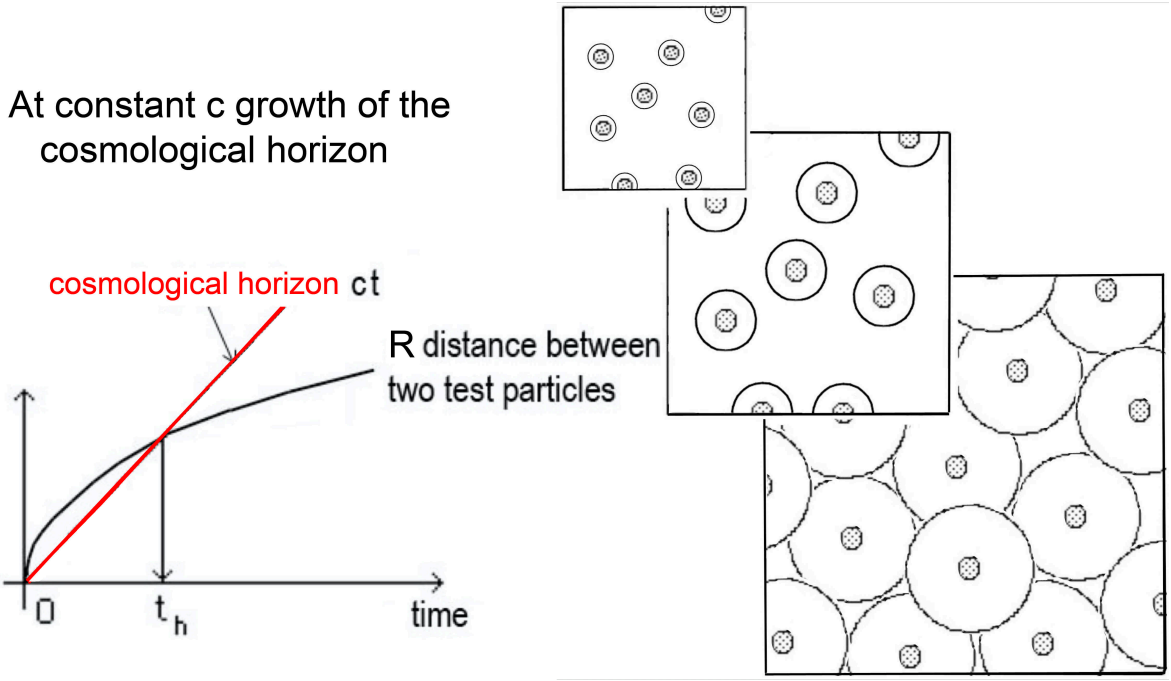


Fig.29 : Horizon growth at c constant

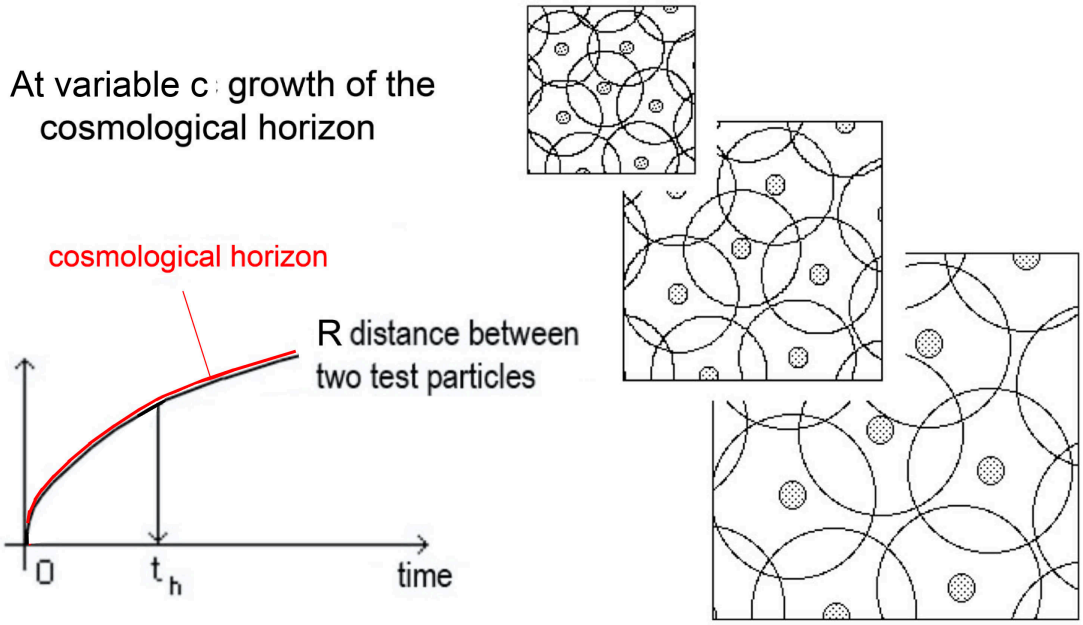


Fig.30 : Horizon growth at variable c

Une telle théorie peut semble très lourd en hypothèse. Mais elle n'est ni plus, ni moins spéculative que la théorie de l'inflation.

Remarque : Une mesure de redshift est avant tout une mesure d'énergie. Or dans ce schéma « à constantes variables », où les énergies sont conservées, il n'y a plus de redshift. On doit donc conclure que si ce régime à constantes variables a sa place dans le scénario cosmique il ne peut intervenir qu'antérieurement au découplage, pendant l'ère radiative, précisément à une époque où on ne peut mesurer un tel phénomène.

Quand ce régime à constantes variables se manifesterait-il ? Cela reste une question ouverte. On ne peut qu'émettre une suggestion ;

- *Quand la distance de Compton des éléments présents dans la soupe cosmique devient de l'ordre de la distance qui les sépare.*

Mais cela reste une spéculation.

La figure ci-après donne l'allure des variations des différentes « constantes », selon ce schéma.

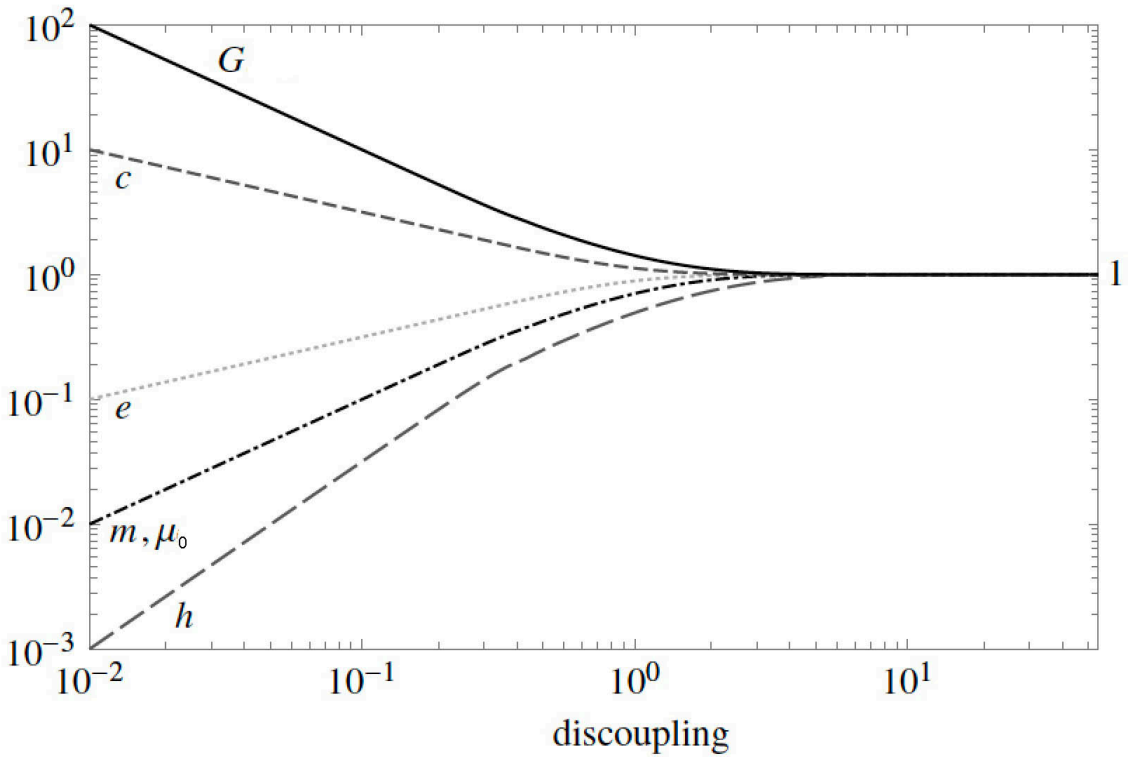


Fig.31 : Schematic evolution of the « constants »

Ce mode d'évolution de l'univers primitif pose de nombreuses questions au sujet du temps.

22 – **Une redéfinition du temps cosmique, loin dans le passé.**

De fait, comment envisager un temps à une époque où sa mesure devient problématique. Comment envisager un temps quand on a du mal à construire une horloge ? En effet, quand on remonte dans le passé de l'univers, la température augmente, et avec elle al vitesse d'agitation thermique des composants dotés d'une masse. Antérieurement au premier centième de seconde l'univers n'est plus composé que de photons et de particules de matière et d'antimatière animées de vitesses relativistes. Comment alors mesurer le temps.

Un système consiste à considérer deux masses m orbitant autour de leur centre de gravité commun. On peut imaginer qu'un tel objet pourrait traverser le temps sans interagir avec ses voisins, ce qui reste purement conceptuel, évidemment.

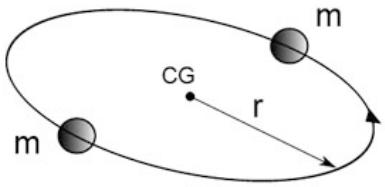


Fig.32 : Horloge élémentaire conceptuelle.

On lie aisément une mesure de temps à une mesure angulaires. C'est la rotation des aiguilles de notre montre bracelet, celle de la Terre autour de son axe, ou autour du soleil. Dans un schéma à constantes absolues la période de rotation de cette horloge élémentaire conceptuelle est invariable. Si on décide d'identifier le temps cosmique au nombre de tour effectués par cette horloge élémentaire, alors on peut attribuer un page à l'univers, depuis un hypothétique « instant zéro ». Entre cet instant et aujourd'hui notre horloge aura effectué un nombre fini de tours.

Il en va tout autrement dans un régime « à constantes variables » car, plus on remonte dans le passé et plus cette période diminue, selon :

(118) $$\text{period} \propto a^{3/2} \propto t^{*}$$

Ainsi le nombre de tours effectués par notre horloge élémentaire lors qu'on fait tendre a vers zéro devient infini.

(119) $$N \propto \int \frac{dt}{t} \propto L_n\, t \propto L_n\, a \quad \rightarrow \quad \infty$$

On retrouve au passage ce « temps conforme » de la cosmologie. La relation (114) correspond également à une « métrique conforme ».

Tout ceci se présente comme une intéressante façon de se débarrasser du problème de l'origine de l'univers. Voir la figure 26.

23 – **Comment développer ce modèle** ?

A ce stade la ligne directrice a toujours été de rendre compte des données observationnelles. Il reste celles qui correspondent aux fluctuations du CMB, dont nous donnerons une autre interprétation en tant que réaction des masses positives à des fluctuations se produisant dans le monde sous-jacent des masses négatives. Pour ce faire nous allons faire différentes hypothèses. Nous supposerons d'abord que le contenu en masse et énergie négative a connu une histoire similaire dans sa phase radiative, au sens où celle-ci s'est également déroulée dans un régime de constantes variables :

(120) $$\left\{ G^{(-)*}, m^{(-)*}, c^{(-)*}, h^{(-)*}, e^{(-)*}, \mu_o^{(-)*}, b, t^{(-)*} \right\}$$

Je conserve la lettre b pour désigner le space scale factor du versant négatif.

Le recours à la théorie des groupes dynamiques a suggéré que les espèces négatives correspondent à de l'anti-hydrogène et éventuellement de l'anti-hélium et de l'anti-lithium de masse négative. On suppose que ces espèces sont régies par les mêmes équations de la physique, mais avec un jeu de constantes différentes. Dans ces conditions l'évolution du monde négatif, dans sa phase radiative, correspondrait à :

(121)

$$G^{(-)*} \propto \frac{1}{b} \;;\; m^{(-)*} \propto b \;;\; h^{(-)*} \propto b^{3/2} \;;\; c^{(-)*} \propto \frac{1}{\sqrt{b}} \;;\; e^{(-)*} \propto b \;;\; \mu_o^{(-)*} \propto b \;;\; t^{(-)*} \propto b^{3/2}$$

On voit donc que dans ce modèle, non seulement on confère une identité très précise aux objets que le secteur négatif contient, mais on pose les lois physiques qui animent ces objets, dont nous supposons qu'elles sont similaires aux nôtres. Il est évident qu'on espère que d'autres phénomènes et d'autres observations permettront de confirmer (ou d'infirmer) cette hypothèse.

Nous conjecturons que la forte dissymétrie présente actuellement dans le modèle pourrait avoir émergé d'une situation au contraire totalement symétrique du fait de l'instabilité foncière du système. Nous conjecturons que cette « brisure de symétrie » pourrait s'est développée dans l'univers primitif, dans son régime avec ses deux jeux de constantes variables. Tout ceci devra émerger d'un système de deux équations de champ couplées.

Mais il y a à la clé un changement de régime qui n'est pas pour le moment maîtrisé. La description de cet état primitif reste une conjecture.

Voici ce qu'on suppose :

Jusqu'à ce qu'on passe dans un régime où les constantes de la physique se comportent comme des constantes absolues, après le découplage, dans la « phase matière », ce qui cadre avec les observations, celles-ci, antérieurement, se comportent comme « des constantes variables ». Chaque ensemble de constantes se trouve indexé sur la valeur du space scale factor, selon :

(122)

$$G^{(+)}* \propto \frac{1}{a} \;;\; m^{(+)}* \propto a \;;\; h^{(+)}* \propto a^{3/2} \;;\; c^{(+)}* \propto \frac{1}{\sqrt{a}} \;;\; e^{(+)}* \propto a \;;\; \mu_o{}^{(+)}* \propto a \;;\; t^{(+)}* \propto a^{3/2}$$

$$G^{(-)}* \propto \frac{1}{b} \;;\; m^{(-)}* \propto b \;;\; h^{(-)}* \propto b^{3/2} \;;\; c^{(-)}* \propto \frac{1}{\sqrt{b}} \;;\; e^{(-)}* \propto b \;;\; \mu_o{}^{(-)}* \propto b \;;\; t^{(-)}* \propto b^{3/2}$$

On fait l'hypothèse que cet état dissymétrique découle d'un état initialement symétrique où toutes ces constantes étaient égales, de même que les space et time factors.

(123)
$$G^{(+)}* = G^{(-)}* \;;\; m^{(+)}* = m^{(-)}* \;;\; h^{(+)}* = h^{(-)}* \;;\; c^{(+)}* = c^{(-)}*$$
$$e^{(+)}* = e^{(-)}* \;;\; \mu_o{}^{(+)}* = \mu_o{}^{(-)} \;;\; t^{(+)}* = t^{(-)}* \;;\; a = b$$

On conjecture également que dans cette phase primitive un échange d'énergie puisse se produire. Ce qui implique que, dans le système d'équations de champ adapté à cette phase les premiers membres soient :

(124)
$$R^{(+)}{}_{\mu\nu} = \ldots$$
$$R^{(-)}{}_{\mu\nu} = \ldots$$

Ces évolutions conjointes vont avec les relations :

(135)
$$G^{(+)}* a = G^{(-)}* b$$

(136)
$$\frac{m^{(+)}*}{a} = \frac{m^{(-)}*}{b}$$

(137)
$$\frac{h^{(+)}*}{a^{3/2}} = \frac{h^{(-)}*}{b^{3/2}}$$

(138)
$$c^{(+)}*\sqrt{a} = c^{(-)}*\sqrt{b}$$

(139)
$$\frac{\sqrt{e^{(+)}*}}{\sqrt{a}} = \frac{\sqrt{e^{(-)}*}}{\sqrt{b}}$$

(140)
$$\frac{\mu_o{}^{(+)}*}{a} = \frac{\mu_o{}^{(+)}*}{b}$$

(141)
$$\frac{t^{(+)}*}{a^{3/2}} = \frac{t^{(-)}*}{b^{3/2}}$$

24 – **Entre deux points : deux distances très différentes.**

La pris en compte de multiples aspects observationnels nous a amené à envisager que ceux-ci soient issus d'une forte dissymétrie entre les deux entités :

(142) $$\rho^{(-)} >> \rho^{(+)}$$

Une telle situation est issue de la brisure de symétrie, à construire, donnant les valeurs (122). De ces lois de variation il vient :

(143) $$\rho^{(+)}a^{(+)2} = \rho^{(-)}a^{(-)2}$$

D'où il résulte que (142) entraîne :

(144) $$a^{(-)} << a^{(+)} \qquad c^{(-)} >> c^{(+)}$$

Considérons deux points A et B du manifold, de coordonnées spatiales

(145) $$(\xi_A^1, \xi_A^2, \xi_A^3) \quad (\xi_B^1, \xi_B^2, \xi_B^3)$$

Envisageons un déplacement selon la coordonnée ξ^1 et posons

(146) $$\xi_B^1 = \xi_A^1 + \Delta\xi \qquad \xi_B^2 = \xi_A^2 \qquad \xi_B^3 = \xi_A^3$$

Ainsi aura-t-on deux distances à parcourir, très différentes.

(147) $$\begin{matrix} d_1 = a\,\Delta\xi \\ d_2 = b\,\Delta\xi \end{matrix} \quad \rightarrow \quad d_2 << d_1$$

Si un véhicule parvenait à inverser sa masse, alors la distance qu'il aurait à parcourir pour aller du point A au point B serait beaucoup plus courte. De plus sa limitation de vitesse, en empruntant les géodésiques associées au masses négatives, sera limitée à

(148) $$c^{(-)} >> c^{(+)}$$

D'où un double gain de temps de voyage, qui permettrait de lever cette impossibilité de réaliser des voyages interstellaires à cause de leur durée excessive.

Il reste à trouver le moyen d'évaluer ce gain. Pour cela nous allons envisager :

25 – **Une interprétation alternative des fluctuations du CMB** [52]

On suppose que les deux évolutions sont similaires, c'est à dire que les transitions entre l'ère radiative et l'ère matière se produisent au même moment.

A tout instant les deux populations sont en interaction. Dans l'ère matière ceci débouche sur des instabilités gravitationnelles conjointes qui produisent tous les observables. Mais qu'en est-il durant les ères de rayonnement.

La seule chose qui puisse produire des fluctuations de densité est l'instabilité gravitationnelle. Quand on se réfère à l'ère matière on peur reprendre la démarche de James Jeans en supposant qu'une fluctuation de densité de rayonnement se produise sur une distance L_J . Ce qui produit la courbure ça n'est pas seulement la matière, mais l'énergie sous toutes ses formes. Si dans un univers d'extension illimitée on avait une région de diamètre où la densité de rayonnement serait plus élevée, ce phénomène créerait un champ gravitationnel agissant sur les photons de l'environnement.

Les photons sont déviés par un champ gravitationnel. Ceci correspond à l'effet de lentille gravitationnel positif. On peut construire cet effet à travers les géodésiques de longueur nulle. Mais on pourra également envisager une action gravitationnelle entre régions dense et régions moins dense, et en déduire un temps d'accrétion de ce rayonnement ainsi qu'une longueur de Jeans correspondante.

Cela n'a jamais été pris en considération pour la raison que cette valeur s'identifie alors à l'horizon cosmologique. Donc, si de telles fluctuations se produisent, elles sont automatiquement au delà de nos possibilités observationnelles.

Ainsi, si une fluctuation de densité de rayonnement se produisait dans la population de photons d'énergie positive, du fait de l'instabilité gravitationnelle du champ de rayonnement au sein de cette population, elle serait inobservable par un observateur constitué de masse positive.

De même, si une fluctuation de densité de rayonnement se produisait dans la population de photons d'énergie négative, du fait de l'instabilité gravitationnelle du champ de rayonnement au sein de cette population, elle serait inobservable par un observateur constitué de masse négative.

On a vu que dans les évolutions « à constantes variables » l'horizon cosmologique était du même ordre de grandeur que le facteur d'échelle de la population considérée. Ainsi

(149) $$\text{horizon}^{(+)} \simeq a^{(+)} \qquad \text{horizon}^{(-)} \simeq a^{(-)}$$

Comme a(-) << a(+) les fluctuations dans le champ de rayonnement négatif pourront créer leur empreinte dans la distribution du champ de rayonnement correspondant à des photons d'énergie positive. Cette « réponse » restera faible. En effet de « gaz de photons » est beaucoup moins compressible que le gaz de matière. Par réaction à cette compression il faut entendre la façon dont, localement, s'élève la valeur de la pression de rayonnement quand on tente de « comprimer » cette fraction du gaz de photons.

Soit L le diamètre d'un grumeau de gaz. Quand celui-ci se tasse, sa pression suit la variation

(150) $$p_m \propto \frac{1}{L^3}$$

Si on envisage une compression d'un gaz de photons, sa pression de radiation suivra :

(151) $$p_r \propto \frac{1}{L^4}$$

Cette différence de comportement vient de ce que la longueur d'onde des photons (donc l'énergie dont ils sont porteurs) suit

(152) $$\lambda_r \propto \frac{1}{L}$$

On peut donc suggérer que les fluctuations observées, dans le gaz des photons d'énergie positive traduisent la perturbation se produisant dans le gaz des photons d'énergie négative, sous-jacent, dont la longueur d'onde correspond à la valeur de l'horizon cosmologique, dans ce milieu, donc du scale factor b. En considérant la longueur d'onde des fluctuations, qui est de l'ordre du degré, on en déduit l'ordre de grandeur du rapport des deux scale factors et l'ordre de grandeur du rapport des vitesses de la lumière :

(153) $$\frac{a^{(-)}}{a^{(+)}} \simeq \frac{1}{100} \qquad \frac{c^{(-)}}{c^{(+)}} \simeq 10$$

D'où a priori un gain d'un facteur mille sur les temps de voyages interstellaires. Ceux-ci deviennent alors non impossibles si un véhicule peut inverser sa masse.

26 – **A la recherche d'une technologie d'inversion de masse.**

Un véhicule de masse M représente une énergie Mc^2. Si inverser sa masse consiste à fournir une énergie $2Mc^2$ c'est sans espoir.

Nous allons envisager les choses sous un angle géométrique. Le dessin ci-après évoque deux régions avec des space scale factors différents :

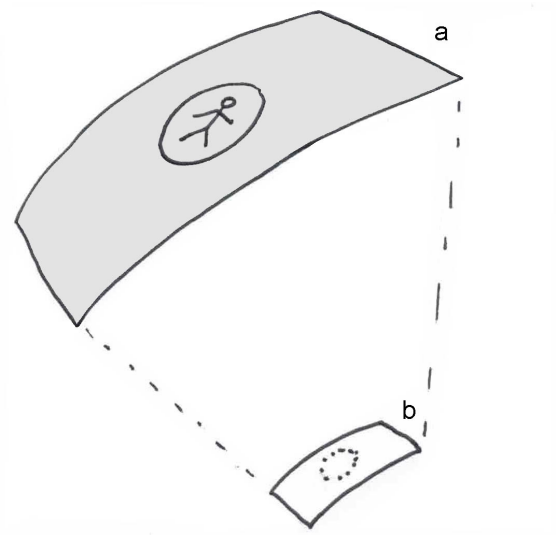


Fig.33 : Un véhicule et deux régions adjacentes de l'espace

La portion d'espace représentant les masses positives a été représentée en gris, car elle est non vide. Le véhicule est une simple courbe fermée. La portion adjacente de l'univers des masses négatives a été représentée en blanc, car elle est ultra-raréfiée, comme tout ce qui se situe dans le voisinage du Soleil, ces particules ayant été rejetées au loin par l'action répulsive de l'astre. Des particules qui, en fait, n'acquièrent une densité importante qu'entre les galaxies.

En gardant en tête que ces deux space scale factors diffèrent d'un facteur cent nous allons passer au dessin suivant, plus lisible.

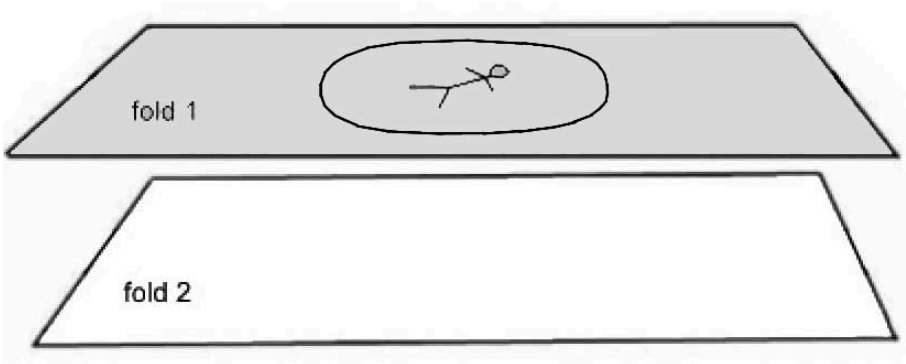


Fig.34 : Même figure, en faisant abstraction du contraste entre les space scale factors.

Si dans une région de l'espace nous concentrons de l'énergie, nous altèrerons la courbure dans cette région. Nous allons imaginer que nous puissions concentrer de l'énergie au voisinage de la coque de notre véhicule :

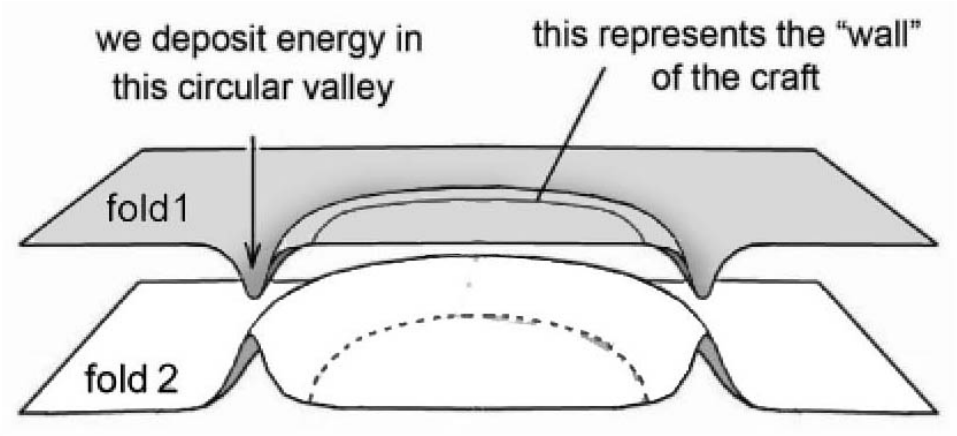


Fig.35 : On concentre de l'énergie au voisinage de la coque de la nef.

Cette concentration d'énergie, dans le secteur des masses positive, créera un effet de géométrie induite dans l'espace des masses négatives, adjacent à celui-ci, conformément au système d'équations de champ :

$$R_{\mu\nu}^{(+)} - \frac{1}{2}\, g_{\mu\nu}^{(+)} R^{(+)} = \chi^{(+)}\, T_{\mu\nu}^{(+)}$$

(154)

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

Nous conjecturons qu'au-delà d'un certain seuil de concentration d'énergie les deux univers « communiquent localement » :

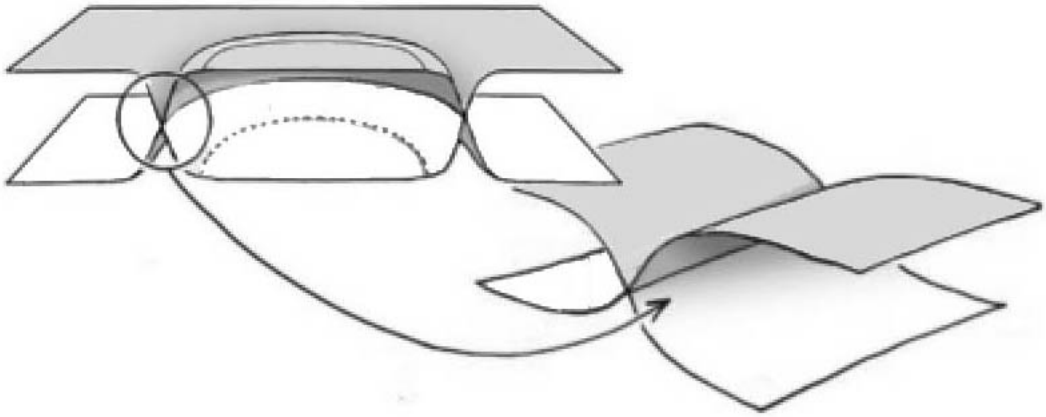


Fig.36 : Une « chirurgie » topologique s'opère entre les deux feuillets d'espace-temps.

Ceci implique un changement dans la façon dont les portions de surface se raccordent. Cela sera plus lisible en isolant ces deux portions de surface :

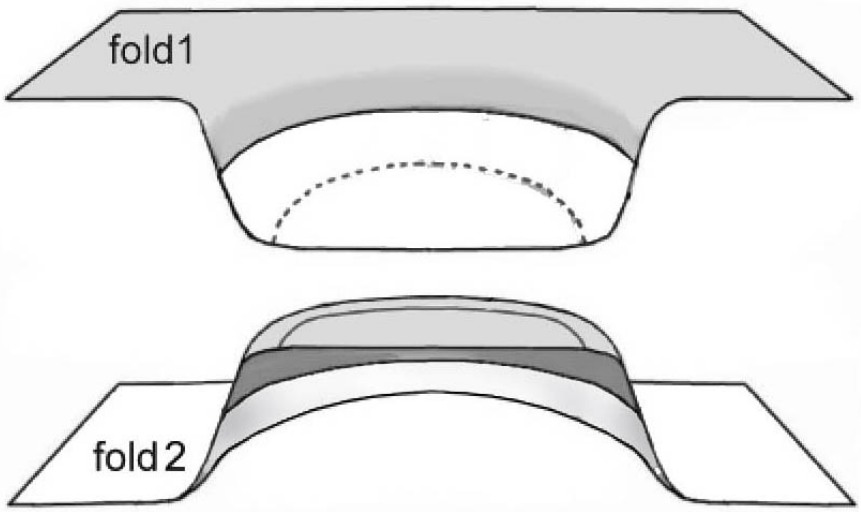


Fig.37 : La « chirurgie » greffe une partie grise dans l'espace blanc et vice-versa.

Les deux nappes vont ensuite reprendre une courbure plus régulière. Ceci se traduira par l'envoie d'indes gravitationnelles qui dissiperont cette énergie.

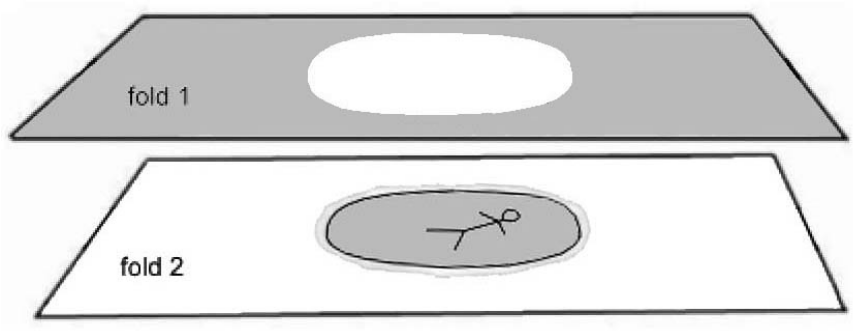


Fig.38 : Après dissipation de l'énergie.

Dans cette configuration les contenus des deux « versants d'univers » se sont trouvés échangés. Dans l'univers de matière se trouve alors une région quasi vide, qui n'est peuplée que par des rares molécules d'anti-hydrogène et d'anti-hélium. En s'annihilant avec les molécules de matière de l'air ambiant (espace gris) ceci entraînera une légère production de rayons gamma. Ainsi, si les ovnis fonctionnent de cette façon, ceci pourrait représenter une première signature trahissant leur présence. Mais en règle générale on attribuera à ce mécanisme d'inversion de masse la luminosité entourant les nefs.

Quoi qu'il en soit, cet espace vide se comblera très rapidement, ce qui s'accompagnera d'une perturbation aérodynamique. Par respect pour l'environnement, et les éventuels témoins, cette inversion de masse, durable, ne sera effectuée qu'à une certaine distance du sol et des témoins.

Ceci-ci auront l'impression que l'objet disparaît à leur yeux. Jacques Vallée dirait « que ces engins partent dans une autre dimension ». Oui et non. Tel qu'il est décrit ce phénomène perd tout caractère paranormal. Ca n'est qu'un extension de notre physique, et non une « métaphysique ».

Cette mention de la perturbation aérodynamique évoque la destruction d'appareils en vol, qui se seraient trop approchés d'une nef de grand volume. On peut suggérer que c'est ce qui entraîna la dislocation de l'appareil de Mantell, en 1948.

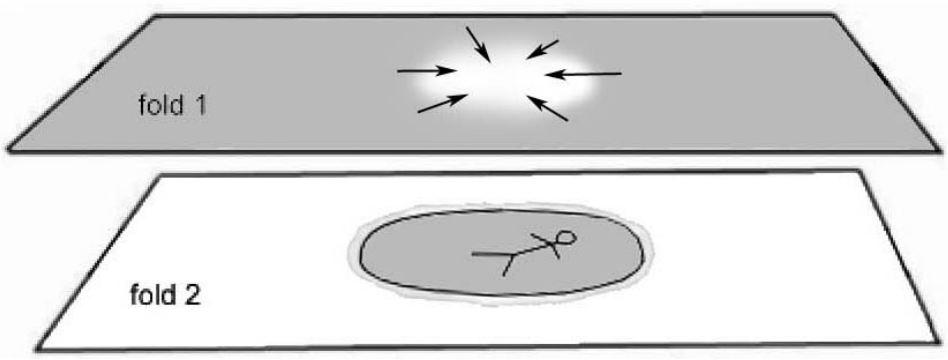


Fig.39 : Comblement du vide dans la portion des masses positives.

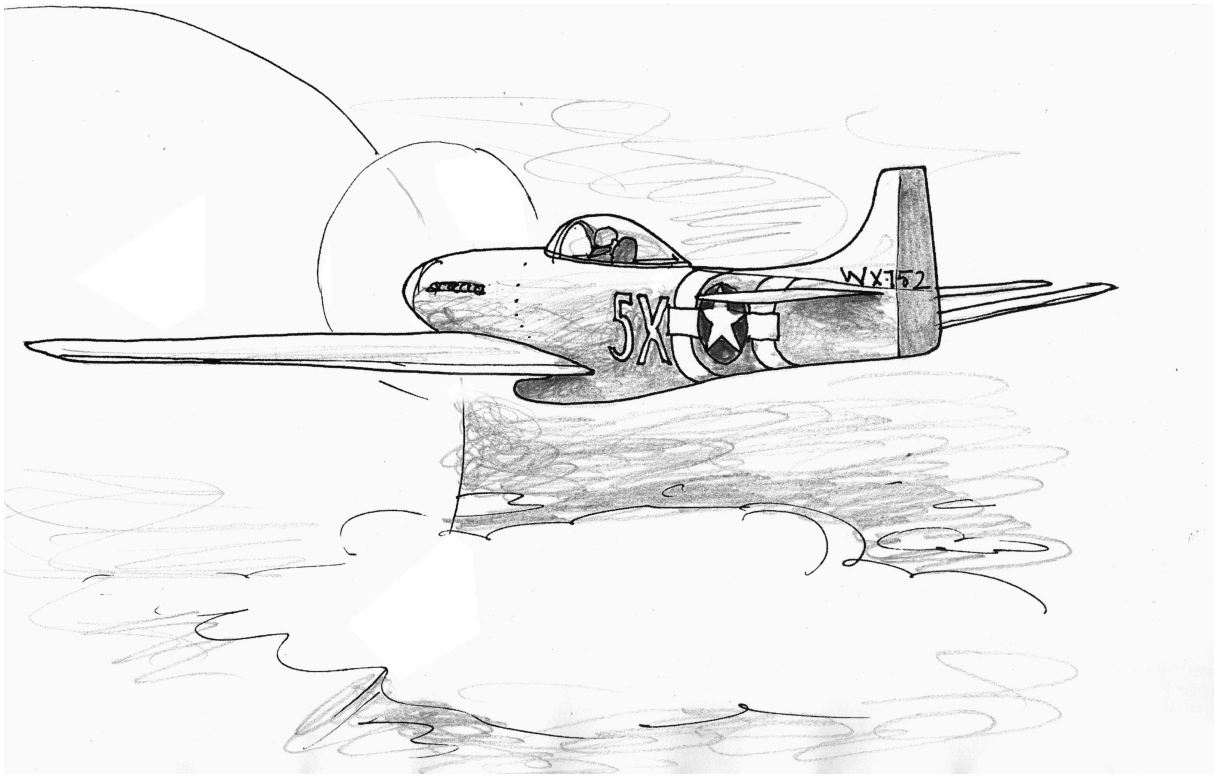


Fig.40 : Mantell s'approchant de la nef extraterrestre.

Dans tout ce qui a précédé nous sommes partis des aspects observationnels issus de données astronomique. Ici nous faisons référence aux récits de témoins d'ovnis.

Revenant à la figure 38 , quand la nef s'est transférée dans le monde des masses négatives elle est accompagnée d'une fine couche constituée de molécules d'air qui se dissipent rapidement dans le quasi vide ambiant. Au résultat :

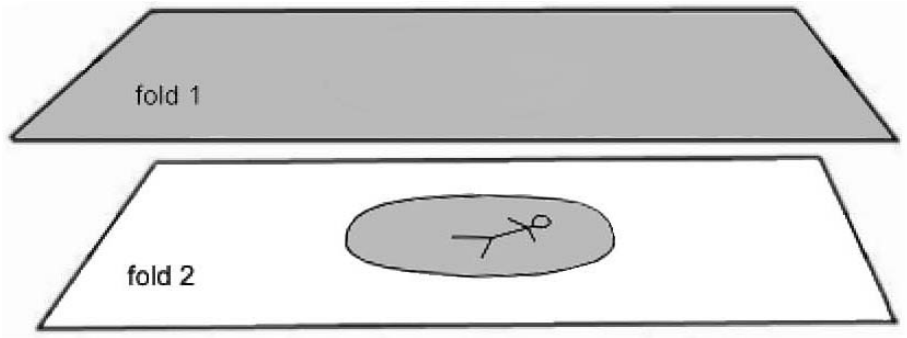


Fig.41 :Après transfert de la nef dans le monde des masses négatives.

Si une nef en approche d'un lieu quelconque, en se déplaçant dans le monde des masses négative se manifeste dans le monde positif, elle semblera « surgir du néant ».

27 – **Antigravitation.**

Quand la nef se trouve dans le monde des masses négatives, elle est alors repoussée par la Terre. Si la nef opère une variation cyclique de présence alternative dans le monde des masses positives et celui des masses négatives, en modulant soigneusement les brefs temps de présence dans ces deux « mondes » , en subissant une alternance d'attraction et de répulsion elle pourra annuler l'effet de la gravitation, et donc léviter sans que cela entraîne de mouvement de l'air environnant, comme cela serait le cas si on avait recours à la MHD. Cette modulation de la gravité permettra de négocier des mouvements verticaux. Il est possible que la MHD soit utilisée pour crée une composante horizontale de poussée.

28 – **Création d'ondes gravitationnelles**.

Une telle manipulation de la masse engendre des ondes gravitationnelles. Si les ovnis veulent apporter des preuves concrètes de leur présence à une population spécifique, c'est à dire à l'intérieur de la sphère scientifique, et si leur fonctionnement est conforme à un tel modèle il leur suffira d'évoluer au voisinage d'installations comme LIGO, qui enregistreront alors leur signature sous forme d'ondes gravitationnelles.

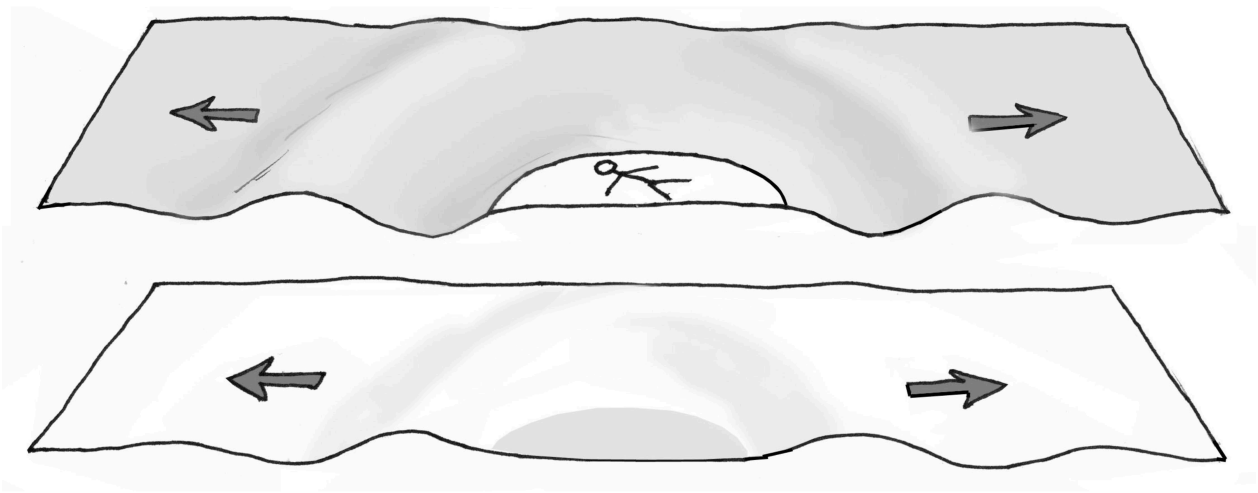


Fig. 41 bis : Emission d'ondes gravitationnelles.
Ici après un retour dans le monde positif.

Ca n'est que depuis une date très récente que nous savons détecter les ondes gravitationnelles. Un système qui opère une inversion cyclique de masse crée ainsi un générateur d'ondes gravitationnelles. Au plan de la communication, celles-ci ne connaissent aucune barrière, à la différence des ondes électromagnétiques qui sont absorbés par la matière et plus particulièrement quand celle-ci se trouve sous la forme de plasma.

29 – **Recours à une propulsion MHD.**

La poussée exercée par une nef discoïdale est alors dirigée selon son axe de symétrie. Voir les différentes publications que nous avons faites sur une propulsion MHD d'aérodynes MHD discoïdaux.

La propulsion MHD consiste à agir sur l'air ambiant, ou l'eau de la mer,, en créant dans l'environnement de l'engin à la fois un champ magnétique et une circulation de courant électrique. Ci-après l'accélération d'eau salée par un dispositif MHD autour d'une cylindre. Le champ magnétique, dipolaire, est créé par l'objet, en l'occurrence un simple aimant permanent de forme cylindrique. Deux électrodes disposées en paroi ; diamétralement opposées, créent le courant électrique. Le modèle ci-après en placé dans un courant fluide allant de la gauche vers la droite. Le champ de force de Lorentz aspire le fluide en amont, l'accélère au niveau des électrodes, puis tend à le plaquer sur la paroi en aval. Le résultat est un effet de succion en amont et un recollement des filets fluides en aval qui s'oppose à l'apparition d'un sillage turbulent, générateur de bruit. Ce sont des expériences en hydraulique menées à bien dès 1975 et présentée en 1983 au colloque international de MHD de Moscou [17] .

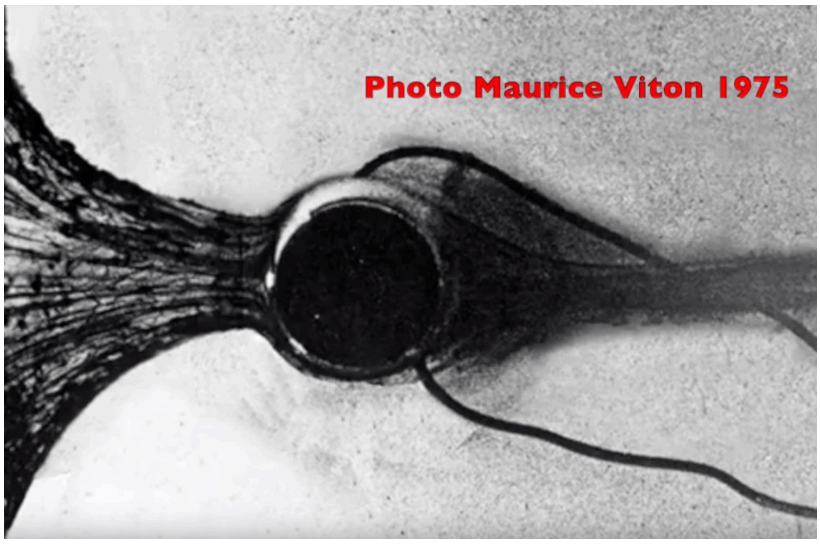


Fig.42 : Ecoulement MHD autour d'un cylindre (1975)

Le principe de la propulsion MHD des aérodynes discoïdaux a donné lieu à de communication à l'Académie des Sciences de Paris en 1975 [18] et 1977 [19]. L'aérodyne MHD a induction est le plus avancé. On trouvera son principe de fonctionnement dans l'article [20], datant de 2009. Reproduisons ci après les figures.

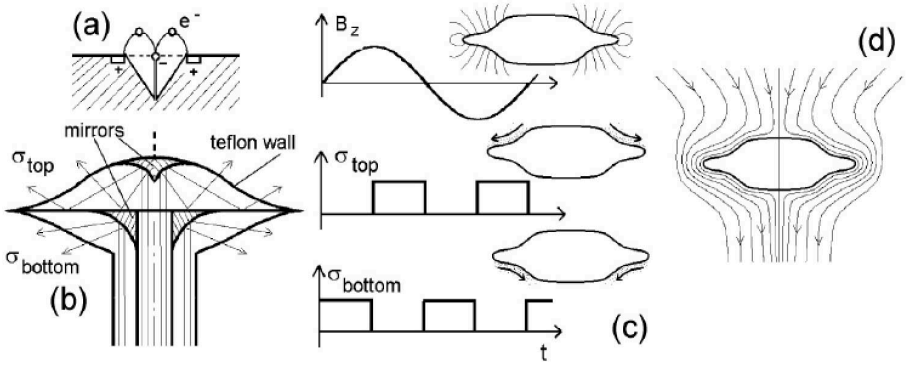


Fig. 2. Induction MHD aerodyne. (a) — wall ionizer, (b) — pulsed ionization by microwaves, (c) — varying magnetic field, ionization currents and appearing forces. (d) — induced airflow.

Fig.43 : Aerodyne à induction, schéma de fonctionnement

Un système de bobines coaxiales, parcourues par des courants variables synchrones crée un champ électrique induit dirigé perpendiculairement à la paroi. Ce courant variable engendre un champ électrique également variable, alternatif et synchrone dont on exploite la composante radiale. Un système d'ionisateurs pariétaux crée une ionisation pulsée, qu'on situe alternativement sur la partie supérieure et inférieure.

On synchronise cette ionisation pulsée de manière que les forces de Lorenz soient actives à la partie supérieure quand elles sont centrifuges et actives à la partie inférieur quand elles sont centripètes. L'écoulement obtenu correspond alors à la figure (d). Pratiquement, l'ionisation était créée par deux faisceau de micro-ondes pulsées , injectées selon l'axe par deux guides d'onde cylindriques coaxiaux puis réfléchis et dirigés vers des parois en téflon. Ainsi l'ionisation pulsée était-elle située à proximité immédiate des parois supérieures et inférieures.

Les formes concaves des parois correspondent au système de confinement pariétal du plasma par inversion du gradient de champ magnétique. Voir figure ci-après :

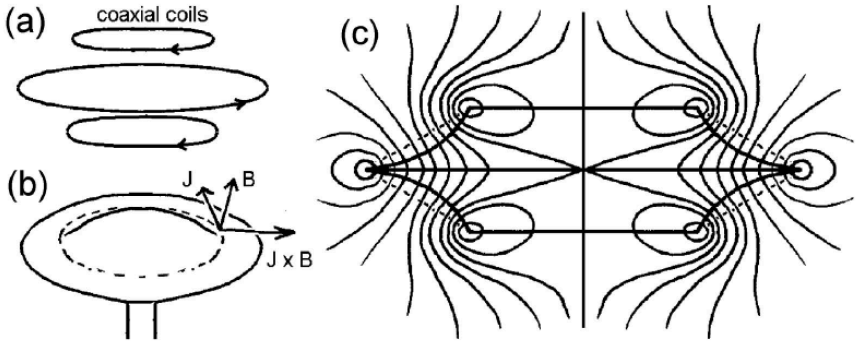


Fig. 1. (a) — coaxial coils, (b) — Lorentz force $\boldsymbol{J} \times \boldsymbol{B}$, (c) — magnetic field lines pattern.

Fig.44 : Aérodyne à induction. Confinement pariétal du plasma

Le confinement est obtenu en créant le champ magnétique à l'aide de trois solénoïdes coaxiaux. Le champ alternatif créé par le solénoïde équatorial, le plus grand, est contrarié par le contre champ créé par les deux plus petits solénoïdes, de confinement. La géométrie magnétique correspond alors à la figure (c). On a alors un maximum d'intensité du champ magnétique sur deux troncs de cône, dont on a représente les génératrices en pointillé. Ceci provoque alors un placage puissant du plasma à la paroi, la génératrice de celle-ci étant orthogonale aux lignes de champ. La ligne blanche indique la façon dont la nappe de plasma se trouve soufflée loin de la paroi par la pression magnétique.

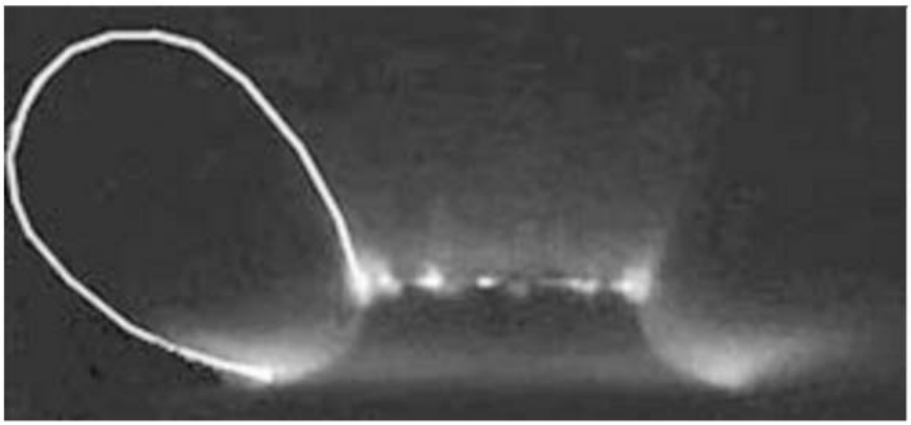


Fig.45 : Le plasma est soufflé loin de la paroi par la pression magnétique

Des photographies d'expériences sont données dans la référence [21]. Il s'agit alors d'un aérodyne MHD à courants spiraux, mais le système de confinement pariétal par gradient de champ magnétique est le même.

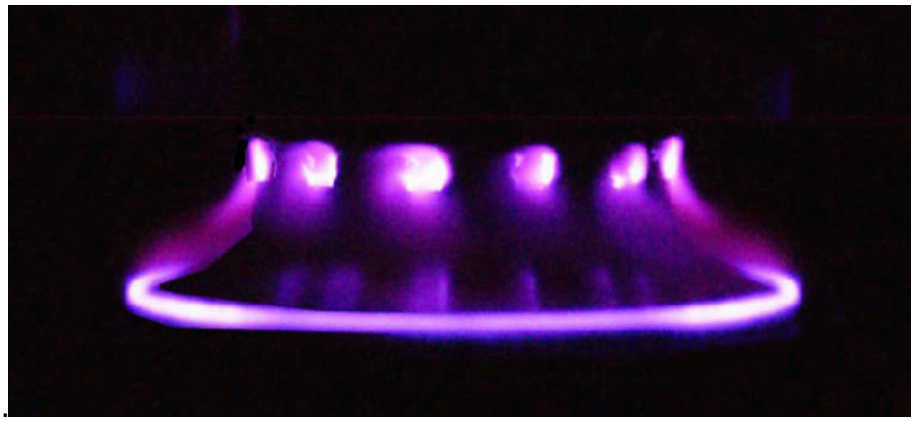


Fig.46 : Plasma confiné à la paroi par confinement magnétique

Ci-après, système à courants spiraux [22] , [24]

Fig. 47 : Aerodyne à courants spiraux.

La MHD représente une façon extrêmement efficace d'action sur les gaz. Pour fixer les idées, considérons une veine linéaire, de section carré, 1m x 1m, soumis à un champ magnétique transversal de seulement 1 tesla. Nous ionisons l'air ce qui permet de créer dans cette veine une densité de courant électrique de seulement un ampère par centimètre carré. Dans ce mètre cube d'air on aura alors un courant de 10,000 ampères . La force de Lorentz agissant sur cet aire sera donc I x B = 10,000 newtons, soit une tonne-force. En l'appliquant à de l'air à la pression atmosphérique, la masse de celui-ci sera de l'ordre du kilo. Cet air sera donc soumis à une accélération de 1000 « g ». On découvre à travers ces chiffres, qu'en faisant agir des forces électromagnétiques sur l'air, l'écoulement du fluide est totalement contraint. Les décollements et turbulences ne peuvent se produire.

Si des ovnis utilisent la MHD pour se mouvoir, alors leur comportement sera semblable à celui d'un rotor d'hélicoptère. En s'engageant en translation il y aura basculent, comme indiqué sur la figure suivante.

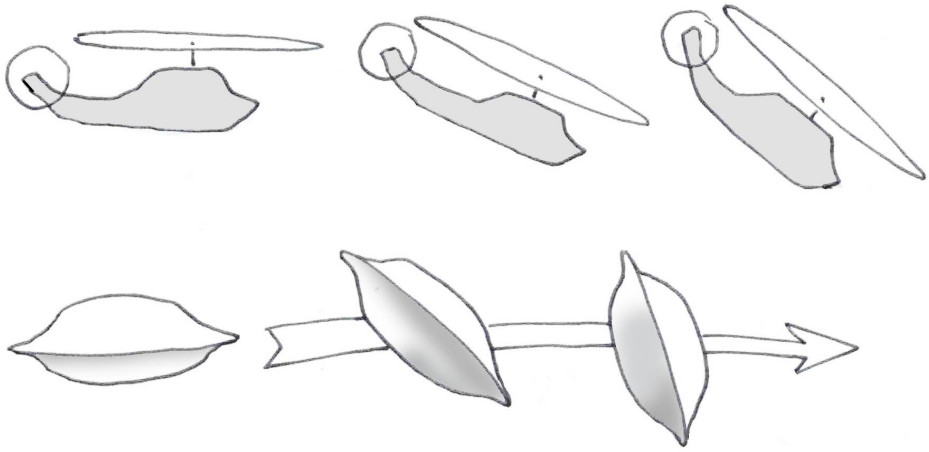


Fig.48 : Basculements de l'hélicoptère et de l'aérodyne MHD
Avec transition vers un mouvement de translation

Les lueurs observées par les témoins peuvent effectivement être des électrodes, correspondant au mode MHD de fonctionnement, associé à la lévitation par inversion cyclique de masse. Mais rappelons nous que ce ne sont que des modèles, qui militent simplement pour la non-absurdité des scènes rapportées par des témoins. Ce qui vient d'être exposé peut également s'étendre à des machines sphéroïdales, dotées d'une couronne équatoriale d'électrodes et d'un champ magnétique tournant, créé par un ensemble de trois solénoïdes à 120°, dont on trouvera le schéma de fonctionnement dans la figure 14 de la référence [23].

Ceci étant, on ne voit pas comment appliquer toutes ces idées à des objets comme des triangles, des pyramides volantes, des objets en fore de bonbon Tic-Tac ou tout autre objet plus insolite encore. Mais peut être ces différents engins mettent-ils en œuvre des systèmes totalement différents.

Il reste que la mise en œuvre d'une technologie MHD pose immédiatement deux problèmes. Le premier est lié à l'instabilité de ces plasmas bitempérature en présence d'un champ magnétique élevé, ce qui crée localement des valeurs importantes du paramètre de Hall, donc suscite immédiatement la croissance rapide de l'instabilité découverte par le Russe Evgueni Velikhov en 1964[1]. Pour mettre en œuvre ces systèmes MHD il faut donc pouvoir maîtriser ce phénomène. Pour la théorie, voir la référence [25].

La première technique de maîtrise de l'instabilité émerge en 1968 [26]. Une second voit le jour en 1981 [27], beaucoup plus intéressante. Son principe est simple. A l'aide d'une géométrie magnétique confinant les streamer de courant on accroît localement la valeur de la température électronique, ce qui fait passer le plasma en régime coulombien dans ces streamers, fait chuter au passage le paramètre de Hall en dessous de sa valeur critique ce qui stabilise le plasma dans ces streamers immédiatement. L'expérience a immédiatement confirmé le modèle théorique. On trouvera différents travaux liés à ce concept dans la référence [28] .

L'action des forces de Lorentz sur l'air entourant un aérodyne MHD a immédiatement fait naître le concept de contrôle MHD des écoulements supersoniques et hypersoniques, en empêchant les ondes de choc de prendre naissance au voisinage des objet soumis ce flux. Le principe est extrêmement simple. Quand un gaz s'écoule à vitesse supersonique on peut tracer en son sein des lignes de Mach. Exemple autour d'un profil d'aile biconvexe :

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Instabilité_électrothermique
https://en.wikipedia.org/wiki/Electrothermal_instability

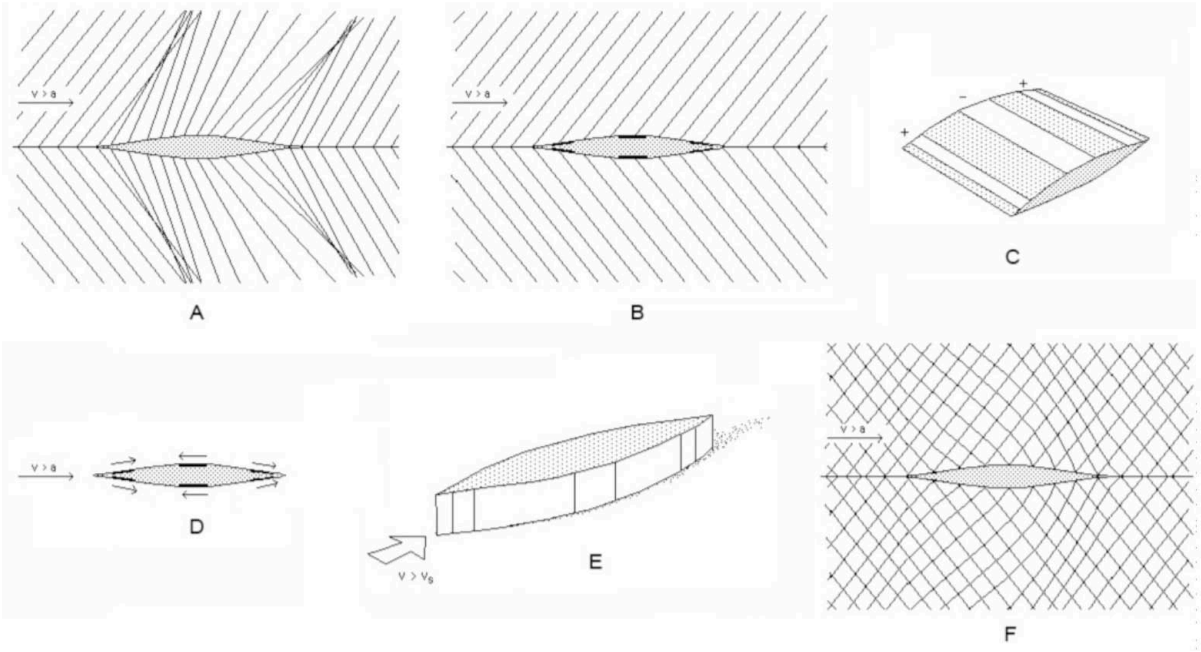


Fig.49 : Réseau des lignes de Mach. Figure 12 de la référence [23].

En A les lieux de naissance des lignes de Mach, ligne de propagation des perturbations aérodynamiques. Là où elles s'accumulent naissent les ondes de choc. Ici deux couples d'ondes planes, s'attachant au bord d'attaque ou de culot. En B l'écoulement idéal, régularisé par la MHD où on empêche les ondes de Mach de se télescoper. D'où une absence d'ondes de choc. En C la maquette équipée de trois paires d'électrodes pariétales. En D les forces à appliquer. En E une simulation hydraulique réussie : absence de vague d'étrave et de poupe. En F le système complet des caractéristiques régularisées par un champ de forces de Laplace.

Cette idée a donné lieu à des années de développements théoriques et à des expériences réussies de simulations hydrauliques, ainsi qu'à la conduite d'un phd. Voir les articles [17], [29], [30], [31], [32]

Il est impossible de faire évoluer des engins à vitesse hypersonique (au delà de Mach 7) sans devoir s'affranchir des contraintes énormes liées à l'établissent des ondes de chocs. Il y a d'abord le développement d'une traînée d'onde, qui consomme l'essentiel de l'énergie à mettre en œuvre, et ensuite le flux thermique que ne peuvent endurer les matériaux les plus avancés. Les Russes ont été les premiers à installer avec succès des dispositifs MHD d'annihilation des ondes de choc sur leurs missiles. Ils seront sans doute suivis rapidement par les Chinois. Pour ces engins l'instabilité de Vélikhov est automatiquement au rendez vous (plasma bitempérature, fort paramètre de Hall)

Les Russes utilisent ma méthode de stabilisation dans la partie MHD de leurs missiles hypersoniques (mach 10 pour le missile opérant en air dense Kinjal, et Mach 30 pour le planeur hypersonique pilotable Avangard). Ces configurations sont couvertes par le secret défense le plus épais, au point qu'aucune véritable photo de ces engins n'est disponible.

La seconde technique, où les russes sont passés maîtres, est la génération d'une forte puissance électrique à l'aide de générateurs MHD utilisant comme source d'énergie les gaz produits par la combustion d'un ergol solide enrichi en césium, pour obtenir de fortes ionisations avec des températures en tuyère de 3000° (et un fonctionnement de durée limitée). L'engin Avangard est un planeur, qui produit sa puissance électrique à l'aide de générateurs pariétaux, exploitant la forte conductivité électrique de l'air ultra-raréfié.

Enfin les Russes peuvent mettre en œuvre des torpilles MHF hypervéloces (2500 km/h) où le production électrique est encore assurée grâce au générateur MHD couplé sur la tuyère d'une fusée à poudre. A moins, pour des drones de plus grande portée, que celle-ci soit produite par un réacteur nucléaire embarqué.

Nous avons abandonné nos travaux de MHD autour de 1990, faute d'une aide pour pouvoir concrétiser ces travaux sur le plan expérimental. En fait c'est surtout parce que j'ai catégoriquement refusé de développer en France l'aspect armes, sous le couvert du secret défense.

30- **Retour vers la technique d'inversion de masse.**

Comment accumuler de l'énergie dans une couche entourant une nef, au point d'entraîner une disruption. Les conditions de cette disruption seront à préciser à travers les travaux que mène actuellement notre collaboratrice la mathématicienne Belge Nathalie Debergh. Celle-ci nous a rejointe en 2018 en réagissant à la remarque que j'avais inscrite à la fin de la page 4 de notre article [33] de 2014.

Une remarque que n'importe qui peut émettre à la lecture de l'ouvrage de base de Steven Weinberg [34]. Encore fallait-il être sensibilité à la question de l'inversion du temps comme je l'avais été à la lecture des travaux de Jean-Marie Souriau [10].

La Mécanique Quantique fait intervenir trois types d'opérateurs :

C : inversion des charges quantiques, synonyme de symétrie matière-antimatière

P : pour « parité » opérateur d'inversion de l'espace.

T : Opérateur d'inversion du temps.

Comme la Mécanique Quantique a partie liée avec le monde des complexes ces opérateurs peuvent être

- Linéaire et unitaires
- Antilinéaires et antiunitaires.

. Dans tous les ouvrages de Mécanique Quantique on trouve aussitôt des chapitres portant pour titre : « Inversions de l'espace et du temps ».

On constate alors que si l'opérateur **P** est antilinéaire et antiunitaire, son action crée un état d'énergie négative, considéré d'emblée comme physiquement impossible. Les physiciens de la Mécanique Quantique optent donc pour un opérateur **P** *linéaire et unitaire* « pour éviter l'émergence d'états d'énergie négative, considérés comme non-physiques ».

Mais cette fois c'est le choix d'un opérateur **T** *linéaire et unitaire* qui crée ces inacceptables états d'énergie négative. Les physiciens optent donc pour **T** *antiunitaire et antilinéaire*, encore une fois pour éviter l'émergence de ces états « non-physiques ».

Quel est l'observation astronomique qui a soudain fait surgir l'existence d'états d'énergie négative ?

C'est cette énergie noire, que nous avons identifiée à l'énergie des masses négatives.

Nathalie Debergh, qui est spécialise dans les bases mathématiques de la mécanique quantique a rebondi sur cette remarque et très rapidement reconstitué en 2018 le caractère licite d'états d'énergie négative associés à l'équations de Dirac [34] . En 2021 elle a étendu ce résultat à l'équation de Schrödinger [35]. Pour plus de détails se référer à la section de la référence [16].

C'est à travers ce développement de la Mécanique Quantique qu'on commencera à avoir prise sur les conditions qui sont génératrices d'une disruption.

On peut envisager différentes façons de créer des régions à très forte densité volumique d'énergie. Pour ce faire il suffit de gorger d'énergie des noyaux d'atomes possédant un état métastable de très grande durée de vie. Dans leur état fondamental les noyaux d'atomes acquièrent une symétrie sphérique. Excités ils se déformes en prennent l'allure de ballons de rugby.

Les durée de vie de niveaux d'excitation métastable des noyaux sont en général très brèves, de l'ordre de 10^{-12} seconde. Mais on constate que nombre d'atome possèdent es niveau d'excitation nucléaire étonnement longs, qui se chiffrent en millisecondes, en secondes et atteignent même des valeurs plus élevées.

Le phénomène de résonance magnétique nucléaire est une façon de communiquer de l'énergie à ces noyaux. Comme ils ne peuvent s'en débarrasser on peut alors envisager d'atteindre des densités d'énergie susceptibles de provoquer une disruption. Il faut pour cela créer un champ magnétique très intense.

31- **Une contrainte liée à la conservation de l'énergie.**

Celle-ci se lit dans les relations de compatibilité associées aux équations de champ couplées.

Une particule est un paquet d'onde. La longueur d'onde caractéristique associée à une particule au repos est la longueur d'onde de Compton :

(154) $$\lambda_c = \frac{h}{mc}$$

Considérons tous les atomes qui sont contenus dans le volume qui sera transféré dans le monde négatif. On peut se donner une image en imaginant que ce volume contient toutes ces petites oscillations, tous ces paquets d'onde, orientés dans des directions aléatoires.

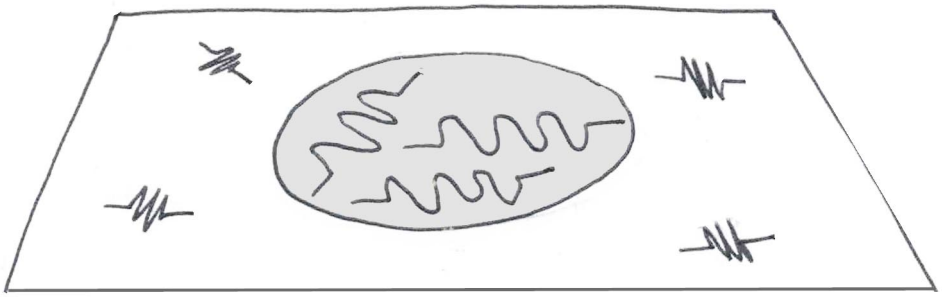


Fig. 50 : Effet Gulliver.

Quand tout ces éléments se trouvent transférés dans un espace où la scale factor est plus petit on a une espèce d'effet Gulliver. Ces particules ressemblent à des géantes. Leurs longueurs d'onde sont multipliées par 100. Ce qui veut dire que l'énergie ne s'est pas conservée. Il leur fait adapter leur longueur d'onde à celles de leurs voisines. Il leur faut diminuer leur extension spatiale. Et la solution c'est la contraction de Lorentz. Il faut qu'elle se rematérialisent dans ce versant relativiste avec une vitesse si près de la valeur locale de la vitesse de la lumière que la contraction qui en résulte correspond à un facteur 100. Cela signifie une contraction telle que

(155) $$\sqrt{1-\frac{v^{(-)2}}{c^{(-)2}}} = \frac{1}{100}$$

En clair, les vitesses dont les particules sont dotées diffèrent d'un dix millième de la vitesse de la lumière. C'est pratiquement $c^{(-)}$

. Mais en l'état ces vitesses sont distribuées aléatoirement. Si on n'opère pas une manipulation préalable sur les composants du vaisseau, ce transfert disperserait ces particules aux quatre vents du cosmos, à une vitesse presque égale à la vitesse de la lumière.

Il est à noter qu'il s'agirait alors d'une façon commode de se débarrasser par exemple de déchêts radioactifs, en inversant leur masse. Il n'y aurait plus alors qu'à faire qu'une turbine d'amission de l'air dans la chambre produise de l'électricité !

Pour que les vises en vitesse correspondent à des vecteurs parallèle il faut au préalable aligne les spins de toutes les particules en les plaçant toutes dans un fort champ magnétique. Mais il faut que ce champ soit dans la même direction partout. On ne peut

donc pas le créer avec des solénoïdes car le champ serait distordu au voisinage des spires.

La solution consistera donc à charger électriquement la coque, et à la mettre en rotation rapide. Pour éviter que les passagers ne soient centrifugés il faudra les loger dans un habitable toroïdal qui puisse se désolidariser de la coque.

32 - **Comment mettre cette coque en rotation** ?

En ménageant à sa périphérie équatoriale une chambre toroïdale emplie d'un gaz qui, ionisé sera mis en rotation. Celle-ci provoquera la mise en rotation de la coque en sens inverse. On voit donc se dessiner le plan de notre nef :

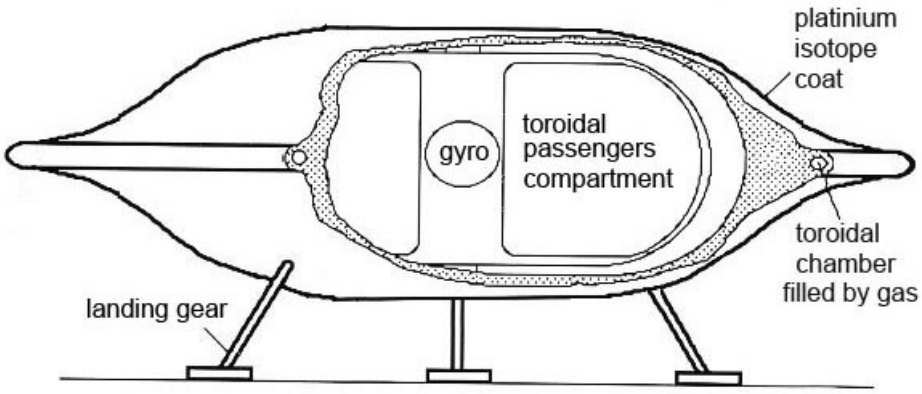


Fig.51 : Modèle de nef interstellaire

La forme de sa coque, quasi uniformément chargée électriquement et mise en rotation produit un champ magnétique sont les lignes forme un réseau parallèle à l'intérieur de la nef :

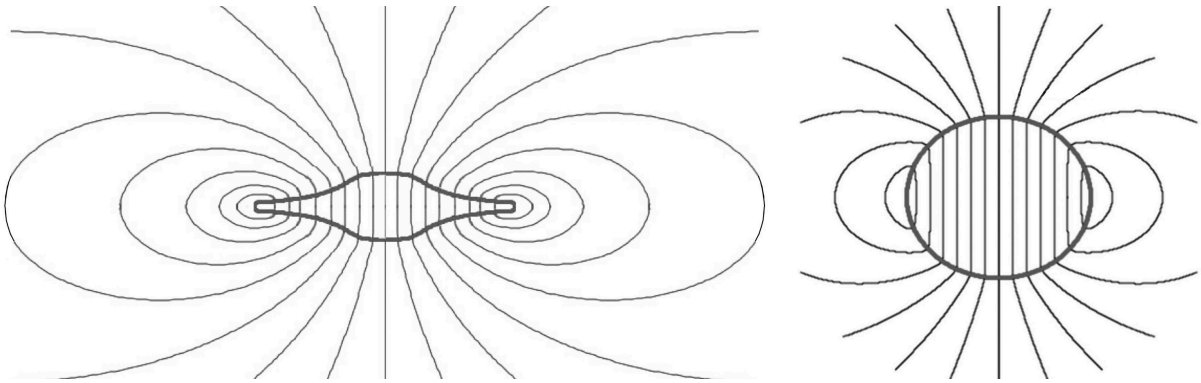


Fig.52 : Champ magnétique de la coque chargée en mise en rotation.
A gauche avec une densité surfacique de charges électriques quasi constante

Quand la nef interstellaire effectue son voyage dans le monde négatif, elle perd tout repère visuel émanant du monde positif. Etoiles et galaxies ne sont plus visibles. Ce que les passagers de la nef aperçoivent ce sont les clusters de masse négative, devenus maintenant visibles, comparables à d'immenses protoétoiles. Ils apparaissent comme des objets sphéroïdaux aux contours flous, émettant dans le rouge et l'infrarouge. L'objet qui aurait le plus fort diamètre apparent serait alors le Great Repeller, le plus proche.

La nef n'a plus aucun contact avec son système de départ : l'étoile autour de laquelle gravite la planète dont elle est issue. Elle ne reçoit pas non plus de photons qui émaneraient du système vers lequel elle est censée se diriger, tout simplement parce que ces deux objets émettent des photons d'énergie positive qu'elle n'est plus à même de capter.

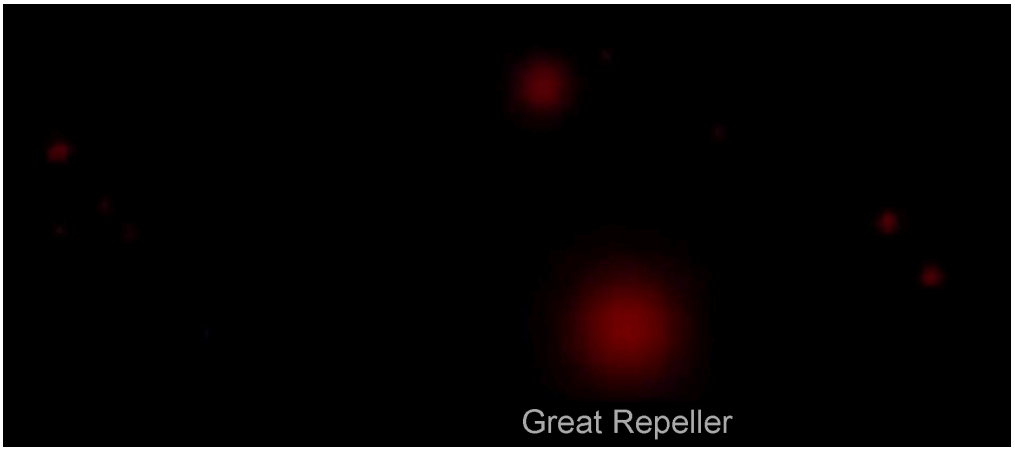


Fig.53 : Ce que perçoivent les passagers d'une nef pendant sa croisière dans le monde négatif.

Ce monde est effectivement ultra raréfié et, dans la région où croise cette nef, peuplé d'atomes d'antimatière de masse négative qui viennent à sa rencontre à une vitesse relativiste. Il est donc nécessaire de protéger la nef de ce bombardement, ce qui nécessitera d'ioniser les particules incidentes et de maintenir la valeur du champ magnétique élevé produit par la rotation de la coque pendant tout le voyage, afin de dresser un bouclier magnétique.

Quand la nef parvient à sa destination, une nouvelle inversion de masse lui permet de se matérialiser de nouveau dans le monde des masses positives.

Il subsiste un risque d'erreur de la direction suivie. Des réajustements de trajectoire, automatiques, seront opérés pendant le voyage, sur la base d'une évaluation de la position de la nef, opéré après détermination de sa position par rapport à des sources connue pour leur relativité fixité. En fin de trajectoire, la détermination de la position se fera en se repérant par rapport au système stellaire visé.

33 – **Les virages à angle droit.**

Tout cela reste très spéculatif. IL subsiste beaucoup de zones d'ombre. Ce ne sont que quelques idées, jetées sur une feuille de papier. Il en émerge une conjecture. Selon cette façon d'acquérir une vitesse à travers un processus hypothétique, de nature quantique, les mots accélération et décélération deviennent vides de sens. Les mises en vitesse et décélération sont simplement instantanées. La science fiction imaginait les nefs interstellaires dotées « d'hyperpropulseurs » et voilà, selon ce modèle, qu'elles en seraient dépourvues ! Tout changement de direction s'opèrerait par variation brutale du vecteur vitesse, en conservant la valeur de son module.

Si la direction de la vitesse dépend de l'orientation du dipôle magnétique que constitue la nef, on peut imaginer que les changements de cap s'opèrent en trois temps.

- La nef inverse sa masse et se matérialise dans l'espace positif

- Une rotation est opérée, à l'aide d'un gyroscope.

- Quand elle inverse sa masse de nouveau, la nef retrouve sa vitesse relativiste, mais orientée dans une direction différente.

Si la première inversion de masse a été opérée quand la nef était immobile, chaque nouvelle inversion lui fait retrouver son état d'immobilité initial. Mais si la dématérialisation de la nef est opérée alors que la nef a acquis, par propulsion MHD, une certaine vitesse, elle retrouvera ses paramètres cinétiques lors d'une nouvelle inversion.

Si, lorsque la nef est sous forme de masse négative elle opère une rotation, quand elle se rematérialisera dans le monde positif elle retrouvera la valeur absolue du vecteur vitesse (conservation de l'énergie) mais non sa direction. Pour un observateur fait de masse positive la nef aura alors semblé opérée à plein vitesse un changement brutal de direction, voir un virage à angle droit, ou une inversion de sa vitesse, alors que l'accélération centrifuge aurait alors atteint une valeur qui devrait l'avoir disloquée.

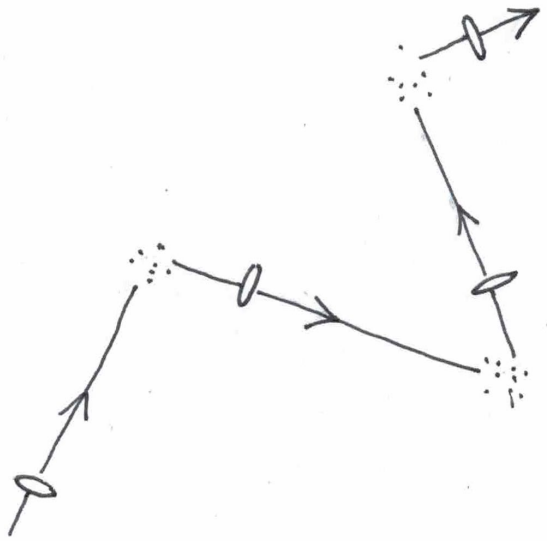


Fig.54 : Virages à angle droit.

34 – **Comment envisager de mettre en évidence une inversion de masse** ?

Il est vraisemblable que les paramètres à mettre en œuvre dans cette technologie doivent atteindre des valeurs élevées. On peut créer de très fortes valeurs de champ magnétique de manière impulsionnelle, en utilisant des explosifs, par effet de compression magnétique. Cela a été démontré expérimentalement par A.Sakharov dans les années soixante. Il serait donc envisageable de tenter des expériences d'inversion d'une faible quantité de matière, quelques milligrammes, contenue dans une enceinte constituée par un métal dont les noyaux possèdent un état d'excitation nucléaire métastable de longue durée. Le dispositif serait détruit lors de l'explosion, mais si l'inversion de la masse se produit, il y aurait alors émission d'une onde gravitationnelle qui pourrait être mise en évidence grâce à l'extrême sensibilité des détecteurs actuels, comme LIGO. Le signal sismique issu de l'explosion ne perturberait les instruments de mesure qu'après réception de l'onde gravitationnelle, se propageant à la vitesse de la lumière.

34 – **Conclusion**

Nous arrivons au terme de ce long dossier, où différentes approches ont été mises en œuvre.

L'argument en faveur du modèle cosmologique Janus est le très grand nombre de problèmes en suspens qu'il résout et le très grand nombre de confirmations observationnelles sur lesquelles il s'appuie.

Ce modèle implique un profond changement de paradigme, qui se traduit par une extension du contexte géométrique de la Relativité Générale. Dans ce modèle, celle-ci ne prend en charge que les phénomènes relativistes locaux, au voisinage du Soleil, lorsque les observations peuvent s'appuyer sur une unique équation de champ, celle d'Einstein.

Un énorme travail reste à faire pour compléter ce modèle, qui remet également en cause tout ce qu'on a conjecturé, concernant l'univers dans son état primitif. Mais le schéma à constantes variables n'est ni plus, ni moins spéculatif que le modèle de l'inflation.

Les observations révèlent une profonde dissymétrie entre ces deux entités que sont les masses positives et les masses négatives. Il reste à découvrir l'origine de cet état de fait. Nous conjecturons qu'il résulte d'une instabilité foncière d'un système de deux masses, initialement en proportions égales.

L'une se voit alors conférer le rôle de masse positive, autorisant l'émergence d'une nucléosynthèse avec création d'atomes lourds, dont d'étoiles, de planètes et de galaxies. C'est dans ce monde positif que naîtra la vie.

Le monde des masses négatives joue alors un rôle de complice, en devenant en coulisse, l'artisan de la structure à grande échelle du cosmos, en assurant le confinement des galaxies et en étant responsable de leur structure spirale. Mais c'est également lui qui rend possible la mise en œuvre du principe directeur qui semble être à l'œuvre dans l'ensemble de l'univers, qu'il s'agisse du monde inanimé ou du vivant :

Se complexifier pour étendre son champ relationnel.

En ce sens il rend possible les voyages interstellaires.

Au passage citons un concept que les scientifiques d'aujourd'hui tentent d'inscrire dans le panorama de la science d'aujourd'hui, celui de *multivers*. Le modèle Janus offre cette possibilité, mais de manière totalement différente. L'instabilité gravitationnelle présente dans l'univers des énergies positives, dans sa phase primitive permet théoriquement de donner naissance à de cellules, dont l'ordre de grandeur du diamètre est la longueur de Jeans dans le rayonnement, c'est à dire l'horizon cosmologique. D'une bulle à l'autre les valeurs peuvent effectivement différer mais les rapports entre les constantes resteront les mêmes et la physique à l'œuvre dans ces cellules restera gouvernée par les mêmes équations. Ainsi, même si les valeurs de la constante de gravitation, de la vitesse de la lumière, de la charge électrique peuvent différer des nôtres le même scénario se déroulera dans ces cellules, à savoir constitution d'une structure à grande échelle lacunaire, naissance d'étoiles, nucléosynthèse par fusion, de planètes, des bioéléments donnant naissance au vivant.

En règle générale la Nature semble avoir beaucoup moins d'imagination que ne lui en prêtent les auteurs de science fiction, et maintenant certains scientifiques tentant ainsi de combler leur manque de production de travaux consistants. Dans l'univers accessible à nos observations on ne trouvera que la centaine d'atomes de la table de Mendeleiev, et il en sera de même dans les bulles adjacentes de notre version du multivers. Le monde du vivant est probablement centré sur la chimie du carbone. Les êtres évolués dans l'univers semblent être des bipèdes dotés de paires d'yeux, d'oreilles, de bras et de jambes, même si leur nombre de doigts peut être de quatre ou de six. Il n'existe sans doute pas de planètes peuplées d'invertébrés intelligents.

Revenant à ce modèle Janus, la construction de l'état primitif de l'univers permettra peut être de comprendre pourquoi nous échouons depuis des décennies à lettre en évidence l'existence des superparticules, alors que les collisionneurs produisent les énergies correspondant à leurs masses. Peut être parce que ces expériences ne reproduisent pas, comme on se plaît à le dire, toutes les conditions de l'univers primitif, le paramètre manquant étant la densité. Le progrès théoriques devraient nous permettre de déterminer la valeur des paramètres entraînant conjointement les inversions de la masse et de la flèche du temps, c'est à dire le moment du « Big Bang ».

Sous l'angle philosophique la structure topologique de l'univers Janus fait disparaître, comme par le geste d'un prestidigitateur, le problème de l'origine de l'univers en remettant en question le sens de l'adverbe « avant ». La démarche d'approche de cet hypothétique « instant zéro » conduit alors à une situation paradoxale évoquant le paradoxe d'Achille et de la tortue de Zénon d'Elée.

Nous conjecturons enfin que la construction théorique de l'état primitif de l'univers, non seulement produira l'explication de sa profonde dissymétrie, mais aussi engendrera des phénomènes de fluctuations conjointes des métriques, susceptibles de conduire à une nouvelle palette de phénomènes accessibles à nos observations.

Jean-Pierre Petit

Pertuis, France, 15 août 2021

Références

[1] H. Bondi, Negative Mass in General Relativity, Rev. Mod. Phys. **29**, 423 (1957).

[2] W. B. Bonnor, Negative mass in general relativity, Gen. Relativ. Gravit. **21**, 1143 (1989).

[3] A. Benoit-Lévy & G.Chardin : Introducing the Dirac-Milne universe. Astronomy and Astrophysics. Vol. 537 (january 2012) A 78

[4] J. S. Farnes, A unifying theory of dark energy and dark matter: Negative masses and matter creation within a modified ΛCDM framework, Astron. Astrophys. **620**, A92 (2018), arXiv:1712.07962 [physics.gen-ph] . http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/2018-Farnes.pdf

[5] J.-P. Petit, Twin universes cosmology, Astrophys. Space Sci. **226**, 273 (1995) . http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/1995-AstrophysSpaceSci.pdf

[6] Y. Hoffman, D. Pomarède, R. B. Tully, and H. M. Courtois, The dipole repeller, Nat. Astron. **1**, 0036 (2017).

[7] Halton Arp (1966) "Atlas of Peculiar Galaxies". California Institute of Technology, Pasadena, California.

[8] S.Chandrasekhar : Principles of stellar dynamics. Dover publications. 1941

[9] J.P.Petit & G.Monnet : Axysymmetrical elliptical solution of the couple Vlasov plus Poisson equations. International 1974 Meeting on Galactic Dynamics at the High Studies Institute, Bures sur Yvette, France . http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/1974-IHES.pdf

[10] J.M.Souriau : Structure des systèmes dynamiques. Dunod Ed. France, 1970 and Structure of Dynamical Systems. Boston, Birkhaüser Ed. 1997

[11] J.M.Souriau : Géométrie et Relativité. Ed. Hermann, 1964 (french edition only).

[12] J.P.Petit : The missing mass problem. Il Nuovo Cimento B Vol. 109 July 1994, pp. 697-710. http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/1994-NuovoCimentoB.pdf

[13] J.P.PETIT : Cosmological model with variable velocity of light. Modern Phys Letters A3, 1988, pp. 1527 . http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/1988-ModPhysLettA-1.pdf

[14] J.MOFFAT International Journal of Modern Physics D **2**, 351, (1993) [18] A.ALRBREICHT & J.MAGUEIJO: Phys. Rev. **59** 04516 (1999).

[15] A.Albreicht & J.Magueijo: Phys. Rev. **59** 04516 (1999)

[16] J.P.Petit , G.D'Agostini, N.Deberg : The Janus Cosmological Model. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03285671/document

[17] J.P.Petit : Is supersonic flight without shock wave possible ? In. MHD Meet. Moscow 1983 . http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1983-Moscow-shockwave.pdf

[18] J.P.Petit : Convertisseurs MHD d'un genre nouveau. Cr Acad . Sc. Paris t.281 15 sept 1975 pp. 157-160 http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1975-Petit-aerodyne1.pdf

[19] J.P.Petit : J.P.Petit : J.P.Petit , M.Viton : Convertisseurs MHD d'un genre nouveau. Appareils à induction. Cr Acad . Sc. Parist. 284 28 février 1977 pp. 167-169 http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1977-Petit-Viton-aerodyne2.pdf

[20] J.P.Petit & J.Geffray : Wall confinment technique by magnetic gradient inversion. Accelerators combining induction effect and pulsed ionization. Applications. Acta Polonica A #6 Vol. 115 2009 and Proceedings of the 2nd Euro-Asia pulsed Power Conference. Vilius Lituania 2008 . http://www.jp-petit.org/papers/MHD/2009-ActaPhysPolA-3.pdf

[21] J.P.Petit & J.C.Doré : Magnetic Confinment by magnetic field gradient inversion. Acta Physica Polonica A. Vol. 121 #3 Sept 2011 . http://www.jp-petit.org/papers/MHD/2011-ActaPhysPolA.pdf

[22] J.P.Petit , J.C.Doré : Velikhov electrothermal instability cancellation by a modification of electrical conductivity in a streamer by magnetic confinment. Acta Physica 53 (2) 2019-2022 (2013). Int. Physics Meet. Praga . http://www.jp-petit.org/papers/MHD/2013-ActaPolytechnica.pdf

[23] J.P.Petit & J.Geffray : MHD hypersonic flow control for aerospace applications. 16 th AIAA Int Sp. Planes and Hypersonic Conference. AIAA 2009-7348. Bremen 2009 . http://www.jp-petit.org/papers/MHD/2009-Bremen-aerospace.pdf

[24] J.P.Petit, M.Viton, M.Billiotte : Magnétohydrodynamique, accélérateurs à courants spiraux. Cr Acad. Sc. Paris t. 291 (6 oct 1980) Série B pp. 129-131 . http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1980-Petit-Billiotte-Viton-courants-spiraux.pdf

[25] J.P.Petit: Taux de croissance de l'instabilité électrothermique et paramètre de Hall critique dans les générateurs linéaires à cycle fermé, lorsque la mobilité électronique est variable. Cr Acad. Sc. Paris 1° sept 1969 t.269 Série A 365-367 . http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1969-21avril-Petit.pdf

[26] J.P.Petit , J.P.Caressa, J. Valensi : Etude théorique et expérimentale, en tube à choc, des phénomènes accompagnant la mise hors d'équilibre d'un générateur MHD en cycle fermé. Intern. MHD Meet. Warswau, 1968. EL/107-123 . http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1968-Warsaw-shocktube.pdf

[27] J.P.Petit , M.Billiotte : Méthode pour supprimer l'instabilité d'ionisation. CR Acad. Sc . Paris t.292 (4 mai 1981) Série III pp.1111-1118 .
http://jp-petit.org/papers/MHD/1981-Petit-Billotte.pdf

[28] J.P.Petit : Transport phenomena in a non equilibrium partially ionized gas in a magnetic field. Jr. of Eng. Physics. 1974. Série B pp. 157-160 .
http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1974-JEngPhys.pdf

[29] J.P.Petit and B.Lebrun : Shock wave cancellation by Lorentz force action. Int. MHD Meet. Tsukuba 1986 .
http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1986-Tsukuba.pdf

[30] B.Lebrun , J.P.Petit : Shock wave annihilation by Lorentz force action in supersonic flow. Quasi one dimensional steady analysis and thermal blockage. Eur. Jr ; of Mech. B/Fluids. **8** #2 , pp. 163-178 1989
.http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1989-EurJMech-1.pdf

[31] B.Lebrun , J.P.Petit : Theoretical analysis of shock wave annihilation with MHD force field. In. MHD Meet. Beijing 1992 .
http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1992-Beijing-shockwave.pdf

[32] J.P.Petit , J. Geffray : MHD flow control for hypersonic flight. Acta Physica Polonica A #6 Vol. 115 2009 and Proceedings of the 2nd Euro-Asia pulsed Power Conference. Vilnius Lituania 2008 .
http://www.jp-petit.org/papers/MHD/2009-ActaPhysPolA-1.pdf

[33] 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 LettersA, Vol.29 ; N° 34, **2014** ; Nov 10th
http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/2014-ModPhysLettA.pdf

[34] S. Weinberg The Quantum Theory of Field. Cambridge University Press. 2005

[34] N.Debergh, J.P.Petit and G.D'Agostini : Evidence of negative energies and masses in the Dirac equation through a unitary time-reversal operator. , J. Phys. Comm. **2** (2018) 115012 .
http://www.jp-petit.org/papers/quantum-mechanics/2018-journal-of-physics-MQ.pdf

[35] N.Debergh J.P.Petit : Plea for a unitary time reversal operator. Submitted to Physics Letters A .
http://www.jp-petit.org/papers/quantum-mechanics/2021-to-Phys-LettA.pdf

[36] G. DAgostini and J.P.Petit : Constraints on Janus Cosmological model from recent observations of supernovae type Ia, Astrophysics and Space Science, (2018), 363:139.https://doi.org/10.1007/s10509-018-3365-3 .
http://januscosmologicalmodel.com/pdf/2018-AstrophysSpaceSci.pdf

[37] S.Hossenfelder A Bi-Metric Theory with Exchange Symmetry Phys. Rev D 78, 044015 7 augst 2008and arXv : 0807.2838v1 (gr-qc) 17 july 2008 .
http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/2008-Hossenfelder.pdf

[38] Damour T. , Kogan I I. Effective Lagrangians and universality classes of nonlinear bigravity Phys. Rev. D **66** (2002) 104024. hep-th/0206042 .
http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/2002-Damour-Kogan-bigravity.pdf

[39] Riess, A. G., et al. 1998, ApJ, 116, 1009

[40] Perlmutter, S., et al. 1999, ApJ, 517, 565

[41] Riess A. G. 2000, PASP, 112, 1284

[42] J.P.Petit & G.D'Agostini : Lagrangian derivation of the two coupled field equations in the Janus Cosmological Model. Astrophysics and Space Science **2015**, 357 :67 .
http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/2015-AstroPhysSpaceSci.pdf

[43] J.P.Petit : Modèle tridimensionnel et instationnaire de système stellaire auto-gravitant. Application aux amas globulaires et aux galaxies (Three-dimensional and unsteady model of self-gravitating stellar system. Application to globular clusters and galaxies). Note aux Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 31 janvier 1972, série B pp. 373-376 .
http://www.jp-petit.org/papers/CRAS /astrophysics-1972a.pdf

[45] 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**) .
http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/2014-AstrophysSpaceSci.pdf

[46] 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 .
http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/2019-Progress-in-Physics-1.pdf

[47] S.Hossenfelder : False Alien Discoveries. Youtube 22 may 2021 .
https://youtu.be/HsoPOOJdJH

[48] A.D.Sakharov, ZhETF Pis'ma 5 : 32 ; JETP Lett. 5 : 24 (1967)

[49] A.D.Sakharov , ZhETF Pis'ma 76 : 1172 (1979) ; JETP 49 : 594 (1979)

[50] A.D.Sakharov , (1980). Cosmological Model of the Universe with a Time Vector Inversion. ZhETF (Tr. JETP 52, 349-351) (79): 689–693

[51] J.P.Petit, G.D'Agostini, N.Debergh : The Janus Cosmological Model. French CNRS data base. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03285671/document

[52] J.P.Petit : The Janus Cosmological Model and the fluctuation of the CMB. Progress in Physics August 2018 .
http://www.jp-petit.org/papers/cosmo/2018-Progress-in-Physics.pdf