

Qu'est-ce qui relie la matière noire et les trous noirs?

Russell Bagdoo
rbagdoo@gmail.com
rbagdoo@yahoo.ca

Sommaire

La matière noire est une composante majeure de l'univers, environ six fois plus abondante que la matière visible ordinaire. On mesure les effets de sa masse mais elle échappe aux télescopes. Elle a pour particularité de n'émettre aucun rayonnement et de n'interagir que par l'action de la gravité. Le but premier de cet article est d'essayer de répondre à ce qu'est la matière noire : nous conjecturons qu'elle est composée de neutrinos magnétiquement chargés, véritables monopôles magnétiques. Mais cela exige un énorme saut conceptuel : les lois de Maxwell doivent être inversées et la charge électrique devient une charge magnétique. Les lois de Maxwell « renversées », asymétriques, fourniraient la charge magnétique « noire » qui remplacerait la charge électrique. La forme même de l'équation de Dirac, qui a imposé dans la matière ordinaire que la particule soit porteuse d'une charge électrique et obéisse aux principales propriétés de l'électron, imposerait dans la matière noire que la particule « noire » obéisse aux principales propriétés d'un neutrino massif associé à une charge magnétique. Le but second de l'article est de montrer que la matière noire serait issue des trous noirs, principalement de trous noirs supermassifs actifs. Ce qui nécessite un deuxième saut conceptuel : l'horizon du trou noir subit une haute température et une pression intense de champs magnétiques qui provoquent une coupure électrique et une transition de phase (ou brisure de symétrie) lorsque la matière traverse l'horizon. Il en résulte un renversement des lois de Maxwell : une charge magnétique se substitue à la charge électrique, et le courant électrique devient tributaire du courant magnétique. Un troisième important saut conceptuel s'ensuit : des neutrinos stériles magnétiques créés à l'intérieur du trou noir traverseraient l'horizon vers l'extérieur pour constituer la matière noire.

Mots clé : matière noire, monopole magnétique, équations de Maxwell inversées, magnéto-électricité, équation de Dirac, neutrino stérile magnétique, trou noir actif, horizon.

1 Introduction

Le problème de la matière noire est bien connu : les preuves observationnelles et les arguments théoriques suggèrent qu'il y a beaucoup plus de matière qui interagit gravitationnellement dans l'univers que ce qui est comptabilisée. Ce n'est pas la matière "baryonique" normale dans le cosmos. Pourtant, aucune preuve directe n'existe pour expliquer ce qu'est la matière noire. Cette forme cachée de matière doit être une sorte de

particules qui ne ressentent pas les forces électromagnétiques ou fortes et qui, par conséquent, n'émettent ni ne réfléchissent la lumière ni se comportent en noyaux atomiques liées ensemble. Les observations suggèrent que la majeure partie de la matière noire est "froide".

Les scientifiques ont théorisé plusieurs explications potentielles de la matière noire qui semble exercer une attraction gravitationnelle sur la matière normale dans les galaxies et les amas du cosmos. Ces possibilités appartiennent à différentes catégories. Certains scientifiques suggèrent une matière noire complexe, un large éventail d'espèces noires. On compte des wimps, des axions, des neutrinos lourds et stériles, des trous noirs de faible masse et des atomes de matière noire, parmi les prétendants à la matière noire envisagés par les théoriciens. Les théories les plus simples de la matière noire postulent qu'un seul type de particule contribue à la masse invisible [1].

Bien que les cosmologistes ignorent ce qui constitue la matière noire, ils connaissent quelque chose de ses propriétés à partir de leurs observations sur la façon dont elle influence la matière ordinaire et par des simulations de ses effets gravitationnels. Ils savent que la matière noire se déplace à une vitesse très inférieure à celle de la lumière et qu'elle s'agglomère donc davantage que la matière noire «chaude» se déplaçant rapidement, qu'elle doit être électriquement neutre car elle n'absorbe pas ou n'émet pas de rayonnement électromagnétique. Les particules qui composent la matière noire sont probablement massives. Ils ne peuvent pas interagir par la force forte, qui lie les noyaux atomiques ensemble; sinon nous en aurions eu des preuves dans l'interaction de la matière noire avec les rayons cosmiques. Jusqu'à récemment, les scientifiques croyaient que la matière noire pourrait interagir via la force faible, mais de nouvelles observations ont anéanti cette notion.

Dans cet article nous conjecturons une nouvelle force qui appartient essentiellement à la matière noire. Il s'agirait d'une force magnétoélectrique (ME) qui serait une forme renversée de la force électromagnétique (EM). Cela entraînerait l'existence d'une charge magnétique qui remplacerait la charge électrique. Les quatre lois de Maxwell seraient inversées. Nous imaginons un neutrino stérile avec charge magnétique qui émettrait des gravitons et jouerait le rôle équivalent de l'électron qui émet et capte des photons. Qui plus est, ces neutrinos stériles proviendraient des trous noirs.

À première vue, il n'y a aucun rapport entre la matière noire et une substance émanant d'un trou noir, puisqu'on définit souvent les trous noirs comme des régions d'où rien ne peut s'échapper, pas même la lumière. Stephen Hawking démontra cependant qu'il existe quelques raisons de penser que des particules peuvent en sortir, par « effet tunnel » :

l'espace-temps dans lequel nous évoluons serait modelé par les connexions établies entre les trous noirs, via un lien purement quantique.

Depuis quelques années, une nouvelle vision du monde met les trous noirs au centre de la scène. Les astrophysiciens pensent que les trous noirs sont responsables de phénomènes allant des émissions de rayons X aux énormes jets de matériau éjectés des centres de galaxies. Le big bang cacherait un trou noir primordial situé dans un autre univers et d'où le nôtre aurait émergé. L'espace-temps serait tissé de micro trous noirs reliés entre eux par un phénomène quantique. Les étoiles et les galaxies seraient nées des jets de matière qu'expulsent les trous noirs supermassifs. Les trous noirs que l'on prenait au début pour les pires monstres cosmiques seraient en réalité les plus grands bâtisseurs [2].

L'idée que les trous noirs *sont* la matière noire a été proposée par plusieurs théoriciens. Ils ont d'abord pensé à des trous noirs primordiaux massifs formés dans la première seconde de l'univers. Mais il en faudrait des milliards pour expliquer la masse manquante, et on verrait leur influence sur le mouvement des étoiles. Dans les années 1990, on a alors pensé à des micro-trous noirs, de l'ordre du nanomètre, mais pesant un centième de la masse de la Lune. Sauf que leur évaporation aurait été détectée par les satellites gamma dans les années 2000. Ils étudient présentement la possibilité des trous noirs primordiaux pesant entre 20 et 100 masses solaires. Les détecteurs d'ondes gravitationnelles ont bien vu la fusion d'objets de cette catégorie ces dernières années.

Notre hypothèse n'est pas que les trous noirs sont la matière noire mais que cette dernière serait constituée de substances provenant de trous noirs, notamment les neutrinos stériles associés à une charge magnétique. Nous disons qu'à l'horizon du trou noir se produirait un « black out » (dû à la pression énorme et à la haute température) qui inverse les lois de Maxwell, transforme la charge électrique en charge magnétique, et rend invisible et imperceptible l'émission de particules. Les trous noirs actifs sont intérieurement emplis d'une énergie « noire ». Conformément à la théorie de la Relation [3, 4], cette énergie serait l'énergie noire du début (amalgamée à l'énergie négative cinétique, à la constante cosmologique) qui s'est dissoute pour former la matière ordinaire d'énergie positive, selon le principe de Compensation. Cette énergie est la même que celle du vide polarisé, sauf qu'elle est d'autant plus excitée que la température est haute. Les fortes fluctuations entraînent l'expulsion des neutrinos stériles à l'intérieur de l'horizon du trou noir avec une vitesse relativiste proche de la vitesse de la lumière. Les particules émises deviennent plus lentes et « magnétisées » avec le refroidissement. Elles seront automatiquement des monopôles magnétiques.

Le présent document abordera trois liens entre la matière noire et le trou noir. Il s'agit en fait de trois sauts conceptuels. Dans la section 2, « Matière noire et lois de Maxwell

inversées », nous voyons que la matière noire pourrait interagir avec une forme de lumière à laquelle nos yeux sont aveugles (sec. 2,1 ; 2,2). Ce serait une variante de l'électromagnétisme, une force « magnétoélectrique » qui serait obtenue en inversant les lois de Maxwell : **c'est le premier saut conceptuel** (sec. 2,3 ; 2,6 ; 2,7). À partir de la théorie de Dirac qui établit une connexion entre la plus petite charge électrique et le plus petit pôle (charge) magnétique, nous aboutissons sur un pôle magnétique qui aurait l'allure d'une matière noire et serait composée de neutrinos stériles magnétiques (sec. 2,4 ; 2,5 ; 2,8). Dans la section 3, « Trou noir », on voit que les trous noirs jouent maintenant un rôle important dans la naissance et l'évolution des galaxies. Partout dans l'univers, les jets relativistes des trous noirs condensent les gaz et déclenchent des flambées d'étoiles (sec. 3,1). Nous spéculons que les trous noirs sont entourés de murs magnétiques en guise d'horizon des événements (sec. 3,2). **C'est notre deuxième saut conceptuel**. Ces murs magnétiques, générés par la haute température et l'intense pression des champs magnétiques, perturberaient tout objet les rencontrant. S'en suivrait un black-out concomitant avec une inversion des lois de l'électromagnétisme et l'apparition d'une charge magnétique qui évince la charge électrique. Le trou noir produirait une substance noire semblable à celle de la matière noire (sec. 3,2,1 à 3,2,5). Dans la section 4, « Création de neutrinos stériles magnétiques à l'intérieur des trous noirs actifs qui peuvent traverser vers l'extérieur pour constituer une matière noire », nous figurons que l'espace du trou noir est rempli d'une énergie noire. Dans la théorie de la Relation, il y avait au début une énergie maximale (identifiée à l'énergie noire) qui a décliné en se transformant en matière ordinaire. Le trou noir fait le processus inverse en transformant la matière ordinaire en énergie (sec. 4,1). Certains auront l'impression que ce papier traite le problème de l'énergie noire d'une manière qui n'est pas cohérente avec le modèle standard de la physique des particules et de la relativité générale. Nous prétendons, au contraire, que **c'est le problème de l'énergie noire qui est incompatible avec le modèle standard de la physique des particules et de la relativité générale**. Nous expliquons pourquoi (sec. 4,2). Il faut logiquement s'attendre à ce que la densité d'énergie gravitationnelle à l'intérieur du trou noir puisse facilement se convertir spontanément en couples virtuels de particules et les matérialiser. Cette énorme énergie se comporterait comme un *intense accélérateur de matérialisation et d'annihilation*. Des particules et des antiparticules « noires » pourraient s'échapper du trou noir. **Troisième saut conceptuel** : les neutrinos stériles « magnétiques » seraient susceptibles de constituer la matière noire (sec 4,3). Dans la section 5, « Efforts de quatre chercheurs », nous soulignons certains aspects des travaux de quatre chercheurs qui contribuent à l'extension des connaissances sur la matière noire, les monopôles magnétiques, les trous noirs et les neutrinos stériles. Dans la section 6, « Chaleur, entropie et information ont tout à voir avec les trous noirs », après avoir exposé le problème de l'entropie (sec. 6,1) et le paradoxe de l'information (sec. 6,2), nous présumons que non seulement l'information s'échappe du trou noir mais aussi la matière détruite (sec. 6,3). Dans la section 7, « Commentaires et conclusion », on

constate que la matière noire, différente de la matière ordinaire, engendre une crise. Une refonte conceptuelle majeure s'impose. Elle concerne, outre la matière noire, l'électromagnétisme, le neutrino stérile ainsi que les trous noirs. Un résumé final sert de conclusion.

2 Matière noire et lois de Maxwell inversées

2,1 Omniprésence de la matière noire dans toutes les régions de l'univers

La suspicion de l'existence d'une matière noire est due à l'astronome Fritz Zwicky en 1930. Il constata une anomalie dynamique au sein de chacun des amas de galaxies dont il se proposait de déterminer la masse par la mesure de la vitesse des galaxies constituant ces amas. Les vitesses des galaxies étaient trop grandes pour être équilibrées par l'attraction gravitationnelle de l'amas qui aurait donc dû s'éparpiller. Il arriva à la conclusion que la masse de ces amas devait être plus grande que tout ce qui en était observable et qu'une matière cachée devait être présente dans chaque amas. Il estima que la masse cachée représente plus de 90% de la masse de l'amas.

Vers 1960, l'astrophysicienne Vera Rubin, alors qu'elle étudiait le comportement dynamique des nuages gazeux orbitant autour du centre de certaines galaxies, découvrit que cette matière noire inconnue était aussi distribuée à l'extérieur des amas. Ces nuages sont situés parfois à des distances de ce centre qui excèdent parfois largement le rayon visible de leurs galaxies et les vitesses de rotation de ces galaxies auraient donc dû décroître avec leur éloignement du centre de la galaxie. Elle réalisa que la vitesse de rotation des nuages gazeux était indépendante de leur éloignement de la galaxie. Si toute la matière, visible et noire, avait été concentrée à l'intérieur des galaxies, la vitesse de rotation de ces nuages aurait dû être d'autant plus petite que leur distance au centre était grande. Tous ces faits expérimentaux attestaient de la présence de matière noire, uniformément répartie non seulement à l'intérieur de ces galaxies, mais également dans de vastes volumes extérieurs. Les observations à de plus grandes échelles, les amas de galaxies qui couvrent quelques millions d'années-lumière, ont confirmé la présence de matière noire [5].

2,2 Les candidats

Les théoriciens envisagent des pistes radicalement différentes pour expliquer ce fluide inconnu de la matière ordinaire qui baigne tout le cosmos et dont il reste à expliquer la nature. Au fil des décennies ils ont fait défiler plusieurs candidats : wimps (neutralino, particule de Kaluza-Klein, particule du petit Higgs), wimpzilla, axions, machos, trous noirs, neutrinos stériles, etc.

Les wimps (weakly interacting massive particles) sont les candidates préférées. Ces particules hypothétiques ont en commun d'être plus massives que les particules connues aujourd'hui, et sont censées ne pouvoir interagir avec ces dernières que via la force de gravité et la force nucléaire faible. Ce sont les candidates idéales à la matière noire, puisqu'elles auraient juste l'abondance requise pour expliquer la structure actuelle de l'univers. Plusieurs théories distinctes, toutes censées corriger les imperfections du modèle standard qui décrit la physique des particules, prédisent différents types de wimps. Depuis vingt ans, astrophysiciens et physiciens des particules se sont donné les moyens pour les découvrir. Qu'il s'agisse de détection directe (on cherche à déceler l'impact d'une wimp sur un noyau de matière ordinaire en laboratoire souterrain) ou indirecte (on traque les produits de la collision de deux wimps dans les galaxies, au cœur du soleil, dans les rayons cosmiques, dans le LHC au Cern), aucune particule de matière noire n'a été repérée à ce jour [6]

La piste des wimps, ainsi que celles des autres candidats, pourrait être une impasse. Alors plutôt que chercher une nouvelle particule, pourquoi ne pas changer la loi de la gravitation ? C'est ce que tentent de faire les partisans de Mond (Modified Newtonian Dynamics) depuis trente-cinq ans. Mais ni cette théorie ni ses variétés les plus récentes ne parviennent à expliquer toutes les propriétés de la matière noire.

2,3 Une variante de l'électromagnétisme

Il semble que les physiciens des particules vivent un scénario de cauchemar. Il s'avère qu'ils n'ont trouvé aucune nouvelle particule au-delà du modèle standard avec leurs accélérateurs. Ils ont jeté un premier coup d'œil partout et trouvée nulle part. Ils continuent malgré tout d'aller de l'avant. Ils misent sur la grande diversité des approches de détection pour espérer mettre un jour la main sur la (les) bonne particule. Nous pensons que cette crise doit être résolue par un remaniement conceptuel majeur. Sans nous laisser guider par des préjugés théoriques, nous proposons une variante de l'électromagnétisme qui fournira une explication à la matière noire. Pourquoi quelque chose de remarquable et d'inédit ne se serait-il pas produit au cœur de la théorie électromagnétique qui la rendrait incapable d'émettre ou d'absorber des rayonnements électromagnétiques ?

Il y a une symétrie presque totale entre les phénomènes électriques et magnétiques. La différence réside dans le fait qu'aucun pôle magnétique libre n'existe (nord ou sud), alors qu'il y a des charges électriques libres (positives ou négatives) : les deux types de pôles ne peuvent jamais être physiquement séparés. Cela nous fait considérer le magnétisme comme un phénomène secondaire dont l'existence dépend du flux d'un courant électrique [7].

Les quatre équations de Maxwell décrivent complètement le comportement électromagnétique sur une très grande échelle, y compris celui de la lumière. Le champ électromagnétique est l'espace compris entre les lignes de force du champ électrique E et du champ magnétique B , et il y a ainsi une énergie

$$U = (\varepsilon/8\pi)E^2 + (\mu/8\pi)B^2. \quad (1)$$

(ε : constante de permittivité du vide ; μ : constante de perméabilité du vide)

Supposons qu'un événement astrophysique sévère soit advenu qui ferait en sorte que la lumière visible ne soit plus. Et que pour provoquer cette noirceur, il aurait fallu que la charge électrique ne joue plus son rôle, que sa grandeur physique devienne autre (la lettre q , dans la formule de Coulomb, ne jouerait plus le rôle exact que joue la lettre m dans la formule de Newton). Cette dernière possibilité a déjà été envisagée par Paul Dirac, alors qu'il s'interrogeait sur la raison de l'existence de la plus petite charge électrique.

2,4 La théorie de Dirac établit une connexion entre la plus petite charge électrique et le plus petit pôle magnétique

Bien qu'en électromagnétisme classique, l'existence des monopôles magnétiques ne soit pas compatible avec les équations de Maxwell et bien que la relativité restreinte permette de démontrer toutes les lois de Maxwell, dont celle qui prédit l'inexistence des monopôles magnétiques, Paul Dirac démontra dans un article en 1931 que l'existence des monopôles magnétiques était compatible avec les équations de Maxwell dans l'hypothèse de la quantification de la charge électrique [8]. Sa théorie établit une connexion entre la charge élémentaire électrique (celle de l'électron) et l'hypothétique charge élémentaire magnétique. Elle montra une symétrie entre l'électricité et le magnétisme, qui est encore aujourd'hui tout à fait étrangère aux conceptions établies.

On sait que la plus petite charge électrique existe expérimentalement. Avec une condition quantique purement électronique, on obtient la valeur e (en système CGS) donnée approximativement par

$$\hbar c/e^2 = 137,03. \quad (2)$$

$$(1,054512 \times 10^{-27} \text{ erg/sec})(2,9979 \times 10^{10} \text{ cm/s})/(4,8030 \times 10^{-1} \text{ statcoul})^2 = 137,03$$

Cependant, sa théorie, bien qu'elle visât au premier abord donner une valeur théorique à e , s'avéra, lorsqu'elle fut élaborée, établir une connexion entre la plus petite charge électrique et le plus petit pôle magnétique, soit l'équation

$$\hbar c/(e\mu_o) = 2. \quad (3)$$

$$(1,054512 \times 10^{-27})(2,9979 \times 10^{10})/[(4,803 \times 10^{-10})(3,29028 \times 10^{-8})] = 2$$

($\mu_o = 3,29098 \times 10^{-8} \text{ statcoul}$). Bien que la preuve de Dirac de la relation entre la force des pôles, la charge électrique et la constante de Planck, ne soit pas simple, nous pouvons par une simple estimation expliquer le nombre 2 de l'équation (3) et illustrer brièvement le caractère de la relation [9]. Nous considérons ici qu'il existe des pôles et qu'une plaque isolée (une plaque de condensateur maintenant une charge magnétique) contient une densité de pôle de σ_g pôles par unité de surface. Par analogie avec le calcul du champ électrique à partir d'une telle plaque supportant une densité de charge électrique et la symétrie entre le champ électrique E et le champ magnétique Bc , on constate que le champ magnétique situé près de la plaque est

$$cB = 2\pi\sigma_{\mu_o}. \quad (4)$$

La charge électrique se déplaçant avec une vitesse v se déplace dans un cercle de rayon r si la force centrifuge sur la particule chargée, mv^2/r , est égale à la force sur la charge en mouvement générée par le champ magnétique, Bev

$$Bev = \frac{mv^2}{r} \quad \text{or} \quad Be = \frac{mvr}{r^2}. \quad (5)$$

À partir de la quantification du moment angulaire, mvr est égal à $n\hbar$, où n est un entier. Substituant l'expression de la densité du pôle pour B ($B = 2\pi\sigma_{\mu_o}/c$),

$$\frac{2\pi\sigma_{\mu_o}}{c}.e = \frac{n\hbar}{r^2} \quad \text{or} \quad 2(\pi r^2\sigma_{\mu_o}).e = n\hbar c. \quad (6)$$

Cette relation exige que l'intensité du pôle magnétique contenu dans l'orbite de l'électron soit quantifiée. En réglant la force du pôle pour qu'elle ait la plus petite valeur, un seul pôle avec une unité de charge μ_o du pôle, nous avons $\pi r^2\sigma_{\mu_o} = \mu_o$ et

$$\mu_o.e = \frac{n}{2}\hbar c \quad \text{d'où} \quad \hbar c/(e\mu_o) = 2. \quad (7)$$

Bien que cette estimation soit grossière, elle sert à illustrer le lien entre la quantification du moment angulaire et la quantification de la charge électrique et de charge magnétique. La mécanique quantique nécessite une quantification de la charge – s'il existe des monopoles.

Au lieu de trouver une condition quantique purement électronique, telle que (2), Dirac trouva une réciprocité entre électricité et magnétisme, une connexion entre le quantum de pôle magnétique et la charge électronique. Sa théorie ne contient aucune caractéristique

arbitraire, donne aucune possibilité de la modifier, et aurait pour effet de créer un monopôle magnétique. Pour cela, la théorie nécessite une quantification de la charge électrique, car toute particule chargée se déplaçant dans le champ d'un pôle d'intensité μ_o doit avoir pour charge un multiple entier (positif ou négatif) de e , afin que des fonctions d'onde décrivant le mouvement puissent exister.

Les pôles magnétiques auraient des propriétés analogues à celles des charges électriques. Chaque pôle émettrait $4\pi\mu_o$ de lignes de champ magnétique B , où μ_o est la force du pôle (correspondant à la charge q). La force sur un pôle dans un champ électromagnétique serait

$$F = B\mu_o + E\mu_o \frac{v}{c}, \quad (8)$$

où les vecteurs de champ et la vitesse sont orthogonaux. La force exercée sur un pôle magnétique fixe serait une mesure du champ magnétique et la force exercée sur un pôle en mouvement serait proportionnelle à la vitesse du pôle et à la magnitude du champ E . La symétrie du pôle et de la charge semble être exacte.

Si les charges et les pôles sont si semblables, pourquoi la nature ne nous a-t-elle pas fourni des pôles? (On n'a pas vu de pôles malgré des recherches minutieuses.) Cependant, si des pôles sont trouvés, ils doivent avoir des charges beaucoup plus grandes que les charges électriques unitaires présentes sur des particules élémentaires telles que l'électron. Donc, cet univers ne peut pas être complètement symétrique entre le pôle et la charge au niveau microscopique.

On peut toujours se demander pourquoi, si pôles et charges sont symétriques en principe, nous avons des charges et non des pôles. Si l'univers était construit de telle sorte qu'il n'y ait pas de charge électrique mais uniquement des pôles magnétiques ayant la même valeur de force de pôle que la force de charge fondamentale, nous pensons que cet univers ne pourrait être distingué du nôtre. Si nous pouvions communiquer avec les habitants de cet univers (constitués de protons, qui n'ont pas de charge électrique mais qui possèdent une force de pôle magnétique unitaire, et d'électrons, sans charge mais avec une force de pôle magnétique opposée), nous ne pourrions pas déterminer s'ils vivent comme nous dans un univers magnétique ou un univers électrique. [9].

2,5 Notre théorie pour la matière noire : des particules stériles associées à des monopôles magnétiques

Et si l'univers était construit de telle sorte qu'il n'y ait pas de charge électrique mais uniquement des pôles magnétiques n'ayant pas la même valeur de force de pôle que la force de charge fondamentale, de sorte que le membre de gauche des équations (2) ou (3)

ne corresponde plus à la valeur expérimentale 137 ou à la valeur théorique 2, nous pensons que nous serions dans un noir total qui aurait l'allure d'une matière noire. On peut imaginer que les éléments qui constituent cette matière noire seraient composés d'éléments chargés magnétiquement, avec l'électricité et le champ électrique considérés comme une conséquence relativiste du champ magnétique, ce qui implique l'inversion des lois de Maxwell.

2,6 Inversion des lois de Maxwell

La dissymétrie expérimentale des équations de Maxwell par rapport à la dualité électrique-magnétique est liée au fait que le champ électrique est généré par les charges usuelles qui lui donnent une divergence non nulle mais le champ magnétique est toujours de divergence nulle à cause de l'absence de charge ponctuelle correspondante. Expérimentalement, la seule source du champ magnétique provient de l'existence d'un courant électrique, c'est-à-dire un mouvement de charges électriques.

$$\nabla \cdot E = 4\pi\rho_e, \quad (9)$$

$$\nabla \cdot B = 0, \quad (10)$$

$$\nabla \times E + 1\partial B/c\partial t = 0, \quad (11)$$

$$\nabla \times B - 1\partial E/c\partial t = 4\pi J_e/c. \quad (12)$$

(ρ_e : densité de charge électrique ; J_e : densité de courant électrique ; σ_{μ_o} : densité de charge magnétique ; J_{μ_o} : densité de courant magnétique ; e : charge électrique ; μ_o : charge magnétique) [10].

Si on suppose qu'il y ait une densité de charge magnétique σ_{μ_o} et une densité de courant J_{μ_o} mais pas de contrepartie électrique correspondante, les équations seraient asymétriques avec soumission entière à la charge magnétique. Les équations de Maxwell deviennent alors :

$$\nabla \cdot B = 4\pi\sigma_{\mu_o}, \quad (13)$$

$$\nabla \cdot E = 0, \quad (14)$$

$$\nabla \times B + 1\partial E/c\partial t = 0, \quad (15)$$

$$\nabla \times E - 1\partial B/c\partial t = 4\pi J_{\mu_o}/c. \quad (16)$$

Les équations sont encore asymétriques mais en n'étant plus assujetties à la charge électrique. Les équations (14) et (15) semblent manquer quelque chose sur leurs côtés droits. Pour voir exactement ce qu'ils manquent, nous devons expliquer la signification de $\nabla \cdot E$, également appelé divergence de E ou simplement de $\text{div}E$. Soit V un volume entouré par une surface S dans l'espace. $\nabla \cdot E$ intégré sur le volume V donne 4π fois la quantité totale de charge électrique e contenue dans V . De même, $\nabla \cdot E$ évalué au point x donne 4π fois la densité de charge électrique à x . Par conséquent, l'équation (14) indique qu'il n'y a pas de charge électrique en aucun point de l'espace. En gros, les charges en mouvement sont équivalentes aux courants. Mais parce que les équations inversées de Maxwell ci-dessus supposent qu'il n'y a pas de charge électrique dans la matière noire, il n'y a pas de courant électrique J_e sur le côté droit de l'équation (15). Les équations (13) et (16) semblent avoir gagné quelque chose sur leurs côtés droits. Cela signifie que $\nabla \cdot B$ intégré sur le volume V entouré par une surface S dans l'espace donne 4π fois la quantité totale de charge magnétique μ_o contenue dans V . De même, $\nabla \cdot B$ évalué au point x donne 4π fois la densité de charge magnétique à x . De ce fait, l'équation (13) indique qu'il existe une charge magnétique à n'importe quel point de l'espace.

Parce que les équations Maxwell ci-dessus supposent qu'il existe une charge magnétique, il existe un courant magnétique J_{μ_o} sur le côté droit de l'équation (16). Par conséquent, l'absence de charge électrique et la présence de charge magnétique inversent l'asymétrie.

En fait, la charge électrique deviendrait un pôle magnétique, ce qui donnerait lieu à un renversement d'attribution, si bien qu'il faudrait considérer l'électricité comme un phénomène secondaire dont l'existence dépend du flux d'un courant magnétique. Le renversement, outre la noirceur provoquée, ferait en quelque sorte qu'il y aurait des pôles magnétiques libres alors qu'il n'y aurait plus de charges électriques libres. Les monopôles magnétiques échangeraient des « photons noirs ».

Note : Il n'est pas question de poursuivre en présentant une analyse critique de l'hypothèse des lois "inversées" de Maxwell, car ces dernières ne doivent pas être considérées dans un sens absolu, comme si la nature de la matière noire devait être conforme avec précision à ces lois. Ce n'est qu'est un schéma simpliste de la réalité, une sorte d'approximation, une image. En tant que tel, il correspond à la réalité, même s'il ne s'identifie pas à la réalité.

2,7 Force magnétoélectrique

L'inversion que nous venons de présenter montre qu'il y aurait une force magnétoélectrique (ME) noire avec une onde photonique noire, de même qu'il y a une force électromagnétique (EM) avec une onde photonique. La théorie de Dirac fait en sorte que le monopôle magnétique peut coexister de pair avec une charge électrique dans

la matière ordinaire. Les lois de Maxwell ne sont pas inversées, elles sont complétées de façon à obtenir une parfaite symétrie : $E \neq 0$, $B \neq 0$. Selon notre hypothèse de l'inversion des lois de Maxwell, le pôle magnétique remplacerait la charge électrique : $E = 0$, $B \neq 0$. Il y aurait qu'un pôle magnétique, celui-ci ayant évincée la charge électrique.

Nous suggérons l'existence d'une charge électrique (monopôle électrique connu) dans la matière ordinaire et un pôle magnétique (monopôle magnétique léger non officiellement reconnu) dans la matière noire. Sauf rares exceptions, il n'y a pas coexistence des deux charges dans la matière ordinaire ou dans la matière noire. Il n'y aurait pas de monopôle électrique dans la matière noire tout comme il n'y aurait apparemment pas de monopôle magnétique dans la matière ordinaire.

2,8 Neutrino stérile « magnétique »

Pour percer le mystère de la matière noire, nous pensons qu'elle est un électromagnétisme différent, une *magnétoélectrologie*, avec nécessité de qualifier de « nouvelle force » cette variante. Et qu'elle est aussi une nouvelle particule : le neutrino stérile « magnétique ».

Les physiciens connaissent trois types de neutrinos. Depuis les années 1970, beaucoup de chercheurs supposent qu'il existerait un quatrième type, un neutrino « stérile », beaucoup plus lourd, mais qui interagit encore moins que les autres avec la matière ordinaire. C'est un type hypothétique de neutrino qui n'interagit via aucune des interactions fondamentales du modèle standard de la physique des particules, hormis la gravité. C'est un neutrino à chiralité droite ou bien un antineutrino à chiralité gauche qui peut s'ajouter au modèle standard et peut prendre part aux phénomènes tels que le mélange des neutrinos.

Nous supposons qu'il existe un cinquième type de neutrinos. Notre hypothèse est qu'il y aurait un neutrino stérile lié à un pôle magnétique, qui appartiendrait à la matière noire et qui serait un monopôle magnétique. Le terme *neutrino stérile magnétique* est utilisé pour le distinguer du *neutrino stérile*. La masse du neutrino dans les deux cas est inconnue et pourrait prendre n'importe quelle valeur entre moins d'1 eV et 10^{15} GeV.

La matière noire serait constituée d'invisibles neutrinos stériles magnétiques qui fourmillent dans l'univers et exercent un peu partout une attraction gravitationnelle [11]. Ce *neutrino stérile* dépendrait d'un pôle magnétique qui serait indétectable puisqu'elle n'est pas un multiple entier de la charge électrique classique. D'où proviendrait-il ? Notre idée est qu'ils sont issus des trous noirs actifs, ce qui risque de bouleverser encore plus notre vision des trous noirs.

3 Trous noirs

3,1 Révolution des trous noirs à l'extérieur de l'horizon des événements

Les trous noirs sont en train d'enfanter à tous les niveaux une nouvelle genèse de l'univers. Notre univers aurait émergé d'un trou noir primordial qui serait le big crunch d'un autre univers. Au départ, les trous noirs n'ont d'abord été qu'une singularité mathématique, une curiosité cosmique très difficile à observer. Ces puits de gravité proviennent de la relativité générale, ils sont un effet de l'existence d'un espace-temps courbé par les masses et c'est seulement en 1968 que John Wheeler invente l'expression « trou noir ». Dès 1916, Karl Schwarzschild trouva la solution de la relativité générale qui décrit le champ de gravitation autour d'une étoile. En son cœur, une singularité vue comme impénétrable avant de devenir, après les années 70, l'horizon du trou noir qui avale tout. À partir des années 1990, avec le progrès des observations, s'impose la conviction qu'ils existent vraiment. Les astronomes construisent un bestiaire de trous noirs destructeurs. Il y en aurait partout : dans l'univers primordial, au centre de notre Voie Lactée et de toutes les galaxies. Des cosmologistes et des physiciens voient dans le concept du trou noir le moyen de marier les théories irréconciliables de la relativité et de la physique quantique. La preuve de leur existence tomba le 14 septembre 2015 lorsque l'expérience Ligo captait pour la première fois des ondes gravitationnelles provoquées par la fusion entre deux trous noirs.

Aujourd'hui, il semble que ceux que l'on prenait pour les pires gloutons cosmiques soient devenus les grands architectes de l'univers. Ils auraient structuré l'univers primordial, modélisé les galaxies et allumé des étoiles [2]. Les trous noirs supermassifs ont été observés partout dans le cosmos et les astrophysiciens pensent que l'un d'eux trône au centre de la plupart des galaxies. Ils concentrent plusieurs millions de fois la masse du Soleil et auraient créé étoiles et galaxies. Ce sont des observations menées à la fin des années 1990 qui, les premières, ont dévoilé trois rôles créateurs des trous noirs supermassifs :

Premièrement, un rôle de régulateur, gardien des galaxies.

Les astrophysiciens se sont d'abord rendu compte que dans les galaxies proches, le trou noir central semblait toujours peser 1/1000 du bulbe d'étoiles qui l'abrite, signe que les deux sont liés. Puis, à partir de 2005, on s'est aperçu que l'énergie des trous noirs les plus énergétiques peut moduler la formation des étoiles, en stoppant la formation des galaxies qui, autrement, seraient énormes. Les vents de plasma éjectés par le disque des trous noirs pourraient contrôler la croissance des galaxies. Ces vents atteignent 1/10 de la vitesse de la lumière et transportent d'énormes quantités d'énergie. De la sorte, aujourd'hui, 80% du gaz de l'univers se retrouve hors des galaxies. Ainsi, les trous noirs joueraient un rôle de régulateur, apaisant via leurs vents un cosmos trop pressé de générer des étoiles.

Deuxièmement, un rôle de nettoyeur (ionisateur) de l'univers primordial.

Ils pourraient aussi, dans d'autres circonstances, avoir joué le rôle inverse : concentrant les nuages de gaz, boostant la formation stellaire, ils auraient été les acteurs principaux du processus de réionisation quelque 400 000 ans après le big bang. Leurs rayons X, bien plus énergétiques que les UV des étoiles, auraient pu s'extraire des galaxies et ioniser le milieu intergalactique à plus grande distance que les UV des étoiles. Même les petits trous noirs, les trous noirs stellaires de quelques dizaines de fois la masse du Soleil, auraient pu participer, car dans cet univers primordial ils étaient toujours accompagnés d'une étoile dont ils vampirisaient la matière. De quoi maintenir sur la durée leur production de rayon X à un taux élevé. Ils auraient pu ainsi disperser par ionisation des atomes l'épais brouillard d'hydrogène neutre et rendre le cosmos transparent.

Troisièmement, un rôle de déclencheur des naissances d'étoiles grâce à leurs jets

Un trou noir supermassif comprime et chauffe tellement la matière gazeuse qui s'accumule et lui tourne autour que ce plasma brûlant se met à rayonner et à créer un intense champ magnétique. La pression de radiation surpasse la gravité. Des vents puissants sont émis dans toutes les directions et une partie de la matière s'échappe des pôles, sous forme de deux jets fins, à plusieurs centaines de km/s. Les vents soufflent le gaz de la galaxie et régulent sa production d'étoiles. Les jets frappent de lointains nuages de gaz, initiant leur condensation en de nouvelles étoiles. C'est-ce que suggère l'observation de quelques galaxies actives. Il semble avéré, qu'avec leurs jets, les trous noirs forment des étoiles. On a découvert qu'une flambée de nouvelles étoiles suivait la direction du jet émis par son trou noir central. Le jet est si puissant qu'en peu de temps, il peut former 10% d'une galaxie, comme une araignée tisse sa toile. Bien qu'on ait qu'une poignée d'exemples, on prend maintenant en compte les trous noirs dans la théorie des formations des galaxies.

3,2 Révolution des trous noirs à l'intérieur de l'horizon des événements

Les trois rôles précédents impliquent l'extérieur de l'horizon des événements, soit la sphère des photons et le disque d'accrétion. Nous proposons ici un quatrième rôle, un rôle de créateur de la matière noire, par leur émission de neutrinos stériles « magnétiques ». Ce rôle regarde l'espace interne du trou noir, entre l'horizon et le centre du trou noir.

3,2,1 L'horizon classique du trou noir

Roger Penrose, écrivit un court article en 1964 dans le journal *Physical Review Letters*, où il décrivait le problème des singularités associées aux implosions d'étoiles et démontrait un théorème mathématique qui disait que lorsqu'une étoile s'effondre au point où la gravité devient assez forte pour former un *horizon apparent* autour d'elle qui rappelle les photons qui tentent de sortir, rien ne peut empêcher la gravité de devenir assez forte pour créer une singularité. Par conséquent, tout trou noir doit renfermer une singularité. Vers la fin des années 60, Penrose rechercha sans succès un exemple

mathématique d'un effondrement qui produise une singularité nue. En 1969, il émit la conjecture de la censure cosmique : aucun objet ne peut, en s'effondrant, donner naissance à une singularité nue. Si une singularité se forme, elle est habillée d'un horizon qui la rend invisible de l'univers extérieur [12].

Cet horizon apparent (comme une membrane sphérique) est en fait l'horizon de Schwarzschild. Il n'est pas singulier au sens fort, l'espace-temps y est défini et il est perméable aux particules entrantes, c'est une membrane unidirectionnelle. La membrane d'une sphère formée de rayons lumineux qui en définissent sa surface. Au centre de la solution de Schwarzschild se trouve la vraie singularité, le cœur du trou noir. La sphère de Schwarzschild est une singularité apparente que l'on nomme horizon ($r = 2GM/c^2$), tandis que le point de l'espace-temps à l'origine des coordonnées ($r = 0$) est vraiment singulier et ressemble à ce que l'on appelle le big bang [13].

À la traversée de l'horizon, temps-coordonnée t et rayon-coordonnée r échangent leurs rôles car le signe qui leur est affecté dans la définition de l'élément linéaire d'espace-temps bascule. Ce qui signifie que le temps devient espace, et l'espace, le temps. Le temps-coordonnée t n'est pas du tout adaptée à la définition locale du ds^2 puisqu'on ne reconnaît plus les signes du temps et de l'espace. Autrement dit, la métrique euclidienne ne se prolonge pas à l'intérieur de l'horizon.

Mais si on adopte un point de vue quantique de la censure cosmique, l'effondrement de la structure au niveau d'une singularité ne doit affecter aucune mesure physique. Une description de la particule en chute libre devrait permettre de conduire la particule à travers l'horizon jusqu'au centre par une intégrale de chemin [14].

Le modèle le plus général de trous noirs, selon la relativité générale, dit que les étoiles en implosion vers l'état de trou noir doivent, en passant leur horizon, perdre tous les écarts à la symétrie sphérique, « tous leurs cheveux », toutes leurs caractéristiques (hors trois paramètres : masse, charge, moment angulaire), et donc, par exemple, leurs protubérances, leurs asymétries et leur champ magnétique ; elles doivent, de gré ou de force, devenir « chauves ». Cette structure perdue doit s'évacuer préalablement sous forme de rayonnement, sous la forme d'une émission d'ondes gravitationnelles.

3,2,2 Panne de courant à la traversée de l'horizon

On aura beau dire que ce modèle permet de prédire l'émission d'ondes gravitationnelles, il n'empêche que la particule de l'étoile qui s'effondre ne termine pas sa vie sur l'horizon du trou noir, comme si elle mourait finalement au centre, sur la singularité vraie. À la traversée de l'horizon, elle semble simplement disparaître d'un côté pour réapparaître le l'autre côté. Elle devient invisible pour tout observateur resté à l'extérieur de la sphère.

Tout se passe comme si la subite invisibilité de la lumière était causée par une panne de courant qui commence à l'horizon. Comment comprendre ce qui se produit pour une particule, qu'elle soit matérielle ou lumineuse, immédiatement après qu'elle ait traversé l'horizon ? On pourrait peut-être y arriver en prenant un champ magnétique ordonné qui se serait établi sur l'« horizon élargi » d'un trou noir situé au centre d'un quasar. Un horizon élargi est une surface fictive située juste à l'extérieur de l'horizon, tandis qu'un « horizon interne » est une surface fictive située juste à l'intérieur de l'horizon. Ce trou noir est entouré d'un disque d'accrétion, composé de gaz chauds et ionisés. Quand du plasma se détache du bord intérieur du disque et plonge sur l'horizon élargie, il entraîne avec lui un écheveau de lignes de champ magnétique. Lorsque ce champ magnétique traverse l'horizon élargi, il engendre des courants de surface qui dissipent l'énergie en s'écoulant dans la membrane, très résistive. En fait, les lignes du champ ne traversent pas l'horizon réel, mais s'enroulent autour de lui et forment des boucles. La densité de ces boucles et l'intensité de la gravité sont telles qu'elles provoquent une brisure de symétrie dans la membrane. Il y a un renversement des charges ; le pôle magnétique remplace la charge électrique. C'est le black-out.

3,2,3 Champ magnétique de l'horizon et énergie des quasars

Pour fournir l'énergie d'un quasar, un champ magnétique devrait traverser l'horizon élargi durant toute la durée de vie du quasar. Il existe cependant une source, extérieure au trou noir, susceptible d'engendrer un tel champ : le gaz interstellaire attiré vers le trou noir. Les gaz interstellaires sont le siège de champs magnétiques et, quand les gaz s'échauffent et s'ionisent au voisinage d'un trou noir, ils forment un disque de plasma où les lignes de champ sont « gelées ». La rotation et la turbulence de ce plasma en accrétion enchevêtrent les lignes de champ, dont certaines se déposent sur l'horizon élargi, lors de la chute de fragments de plasma. Dans la membrane, les courants de surface dissipent en permanence l'énergie de ce champ chaotique, ne laissant que des lignes de champ « nettoyées », ordonnées, qui pénètrent dans la membrane au pôle Sud et en ressortent au pôle Nord. Après qu'une ligne de champ ordonnée a été déposée sur le trou noir, elle ne disparaît plus : le plasma du disque d'accrétion et le champ magnétique la font persister tant que le disque n'explose pas ou n'est pas englouti par le trou noir. Le trou noir acquiert ainsi un champ magnétique plus de 10 000 fois plus intense que le champ magnétique terrestre [15].

3,2,4 Où l'électromagnétisme devient magnétoélectricité

On sait que la sphère de l'horizon des événements est entourée à l'extérieur d'une sphère de photons où, à cause de la gravité considérable, les particules de lumière ne se propagent plus en ligne droite mais se mettent à orbiter. Ces sphères sont ceinturées par un disque d'accrétion qui est un disque de plasma formé de matière prise par l'attraction des trous noirs, comprimée sous l'effet de la gravité et chauffée à des milliers de milliards de

degrés. Le bord interne du disque d'accrétion est le dernier endroit où la matière peut orbiter avant de tomber dans le trou noir. Un trou noir supermassif comprime et chauffe tellement la matière qui lui tourne autour que ce plasma brûlant crée un intense champ magnétique. Ce dernier exerce sur l'horizon du trou noir des forces perpendiculaires à lui-même. La force de tension magnétique est inversement proportionnelle au rayon de courbure de la ligne de champ : elle agit en étirant les lignes de champ comme si elles étaient des cordes élastiques. On peut interpréter le comportement du champ comme s'il était doté d'une pression étranglante : lorsque les forces du champ magnétique pénètrent à l'intérieur de l'horizon du trou noir il y a une transition de phase où la relation électricité/ magnétisme est modifiée en raison d'une trop forte pression et d'une température excessive. Il se produit un renversement de charge, au cours duquel la charge électrique disparaît pour devenir le pôle magnétique. On passe de la lumière à l'obscurité; on assiste à une sorte de renversement des lois de Maxwell, tel que décrit plus haut [15].

Avec le renversement des charges, les courants électriques deviennent des champs électriques et les champs magnétiques deviennent des courants magnétiques. Le résultat est qu'à l'horizon, cette région de l'espace-temps pressurée par les forces de marée électromagnétiques qui culminent, la lumière n'agit brusquement plus. Pour illustrer la transition de phase, considérons que l'électromagnétisme, avant de se rompre en franchissant l'horizon, est comme une pièce de bois imprégnée d'eau. Dans cette analogie, le bois est le magnétisme et l'eau est l'électricité, et les deux (bois et eau ; magnétisme et électricité) sont intimement mêlés, unifiés. Tout près de l'horizon, selon notre meilleure compréhension, les lois de la mécanique quantique entreprennent de se combiner à celles de la relativité générale d'Einstein et commencent déjà à changer les « règles du jeu ». (Elles le seront totalement à la singularité. Les nouvelles règles porteront alors le nom de gravité quantique). L'horizon et les lois de la gravité combinée avec celles de la mécanique quantique qui la régissent sont comme un feu où l'on lance le bois gonflé d'eau. Le feu fait bouillir l'eau qui sort du bois, laissant celui-ci seul et maître. À l'horizon, les lois de la gravité quantique expulsent l'électricité, laissant le magnétisme seul et résistant. L'électricité est réduite en un courant sans conduction, éteint [12].

On pourrait aussi expliquer ce qui se passe avec les groupes d'invariance qui ont fait leurs preuves en mécanique quantique. Ils sont des transformations algébriques qui conservent la forme des équations et révèlent des propriétés physiques. Or, si on imagine une particule qui franchit l'horizon du trou noir, elle « oscille », elle a une charge non plus électrique mais magnétique : c'est le monopôle magnétique. La particule décrite par l'équation de Dirac acquiert ainsi une invariance de jauge différente, inversée. L'équation de Dirac pourrait posséder une invariance de jauge qui change un peu l'onde décrite par l'équation, mais la nouvelle particule ne fait pas que changer de « phase », elle n'est désormais plus un multiple entier de la charge de l'électron. Elle n'interagit plus avec

l'électromagnétisme. Néanmoins, il y a d'autres groupes d'invariance « noirs » qui relèvent de la « magnétoélectrologie » et qui peuvent intervenir dans des phénomènes de désintégration accessibles, car ces monopôles sont non seulement magnétiques, mais doués d'interactions faibles.

Pour récapituler, à la périphérie du trou noir, se trouve un horizon : une région où la lumière n'agit plus et où l'électromagnétisme a cédé sa place à une magnétoélectricité. Ce qui veut dire qu'avec le renversement des charges, les courants électriques deviennent des champs électriques et les champs magnétiques deviennent des courants magnétiques. Dans un langage imagé, on dira que les champs électriques sont « gelés » dans les courants magnétiques.

3,2,5 La lumière peut s'échapper du trou noir

Dans le cadre de la relativité générale, un trou noir est défini comme une singularité gravitationnelle occultée par un horizon des événements. C'est un objet céleste si compact que l'intensité de son champ gravitationnel empêche toute forme de matière ou de rayonnement de s'en échapper. Selon la physique quantique, un trou noir est susceptible de s'évaporer par l'émission d'un rayonnement de corps noir appelé rayonnement de Hawking. En 1974, Stephen Hawking découvrit que contrairement à ce que prédisait la mécanique classique, les trous noirs pouvaient émettre un rayonnement proche d'un rayonnement thermique. La « température » du trou noir, qui est inversement proportionnelle à sa taille, y est associée. Dans un article publié en 2014, Hawking déclara qu'il n'y pas de trou noir, dans le sens où la lumière ne peut s'échapper vers l'infini [16]. Selon lui, ces ogres de l'espace, capables de dévorer des galaxies et de faire disparaître la lumière, pourraient en fait relâcher certaines quantités de matière et de particules. La matière et l'énergie pourraient en réalité être retenues temporairement, puis modifiées, avant d'être relâchées dans l'espace. Un phénomène qui serait inversement proportionnel à la masse de ces objets : plus un trou noir est petit, plus il laisserait échapper de grandes quantités de matière. Les trous noirs ne seraient donc pas si « noirs » que ce que la plupart des modèles cosmologiques dépeignent.

4 Création de neutrinos stériles magnétiques à l'intérieur des trous noirs actifs qui peuvent traverser vers l'extérieur pour constituer une matière noire

4,1 Énergie noire à l'intérieur de l'horizon

Le sens profond de la découverte du rayonnement de Hawking émanant des trous noirs est que le vide quantique est polarisé par le champ gravitationnel très intense régnant au voisinage d'un mini-trou noir ; *l'énergie gravitationnelle* de ce dernier se convertit spontanément en particules. Le vide quantique signifie une énergie minimale. Selon la

théorie de la Relation, il y avait au début une énergie maximale (identifiée à l'énergie noire) qui a décliné en se transformant en matière ordinaire [3, 4, 17]. Le trou noir fait le processus inverse en transformant la matière ordinaire en énergie. Cette énorme énergie est comme une énergie du vide (devenue très dense) à l'intérieur du trou noir puisqu'elle n'est plus matérialisée. Il faut logiquement s'attendre à ce que l'énorme densité d'énergie *gravitationnelle* (qui a une masse colossale) à l'intérieur du trou noir puisse facilement se convertir spontanément en couples virtuels de particules et les matérialiser.

Suite au renversement des charges exposé précédemment qui convertit la matière ordinaire visible en matière invisible, imaginons une distribution de matière noire à l'intérieur d'un trou noir dont la masse s'accroît en engloutissant tout un bric-à-brac astrophysique fait de poches de gaz, d'étoiles, etc. Au fur et à mesure de l'augmentation de la masse du trou noir, la matière noire voit sa distribution se contracter, devenir plus compacte et plus dense. Le trou noir accumule une colossale masse noire qui équivaut à de l'énergie noire. Cette dernière veut dire une gigantesque densité de matière-énergie noire à l'intérieur de l'horizon. Cette énorme énergie se comporterait comme un intense *accélérateur d'annihilation* [18].

L'accroissement de la masse des trous noirs augmente donc le taux d'annihilation de la matière noire à l'intérieur de l'horizon. En principe, parce que la densité de matière noire est prodigieusement élevée (à l'intérieur des trous noirs supermassifs, voire des trous noirs de masse intermédiaire avec une masse comprise entre une centaine et un million de fois la masse du Soleil), la probabilité existe que le taux d'annihilation des particules de matière noire s'accélère au point d'injecter vers l'extérieur, hors de l'horizon, amplement d'énergie pour constituer la substance inconnue dite « noire » qui remplit l'univers.

Pour décrire les états d'un champ magnétoélectrique, on aura recours à un espace intra-horizon, qui est un premier cercle une fois franchi l'horizon superposé à plusieurs cercles menant vers le point central, dit singularité. Dans cet espace intra-horizon, le champ magnétoélectrique contient une énorme concentration d'énergie permettant de grandes fluctuations d'énergie créatrice de particules.

L'intérieur du trou noir actif pourrait être comparable à l'état de l'univers pendant les 380 000 après le big bang, alors que l'univers était une mer de ténèbres – juste un brouillard d'atomes d'hydrogène forgés par le big bang et laissé flotter dans l'obscurité. Cependant, s'il est construit de façon telle qu'il y ait seulement des pôles magnétiques avec une valeur de force des pôles autre que la force de charge électrique fondamentale, l'intérieur d'un trou noir serait différent de l'intérieur de notre univers primitif. Cet intérieur pourrait être constitué d'une particule (similaire au proton) contenant une unité d'une force polaire magnétique unitaire et d'une particule (similaire à l'électron) avec une force

polaire magnétique opposée. Ces pôles fourniraient une source de champ magnétique, tout comme une charge électrique fournit une source de champ électrique. L'énergie qui traverse le trou noir est si forte que les monopôles magnétiques, caractérisés par des pôles magnétiques égaux de signes semblables ou opposés, qui se repoussent ou s'attirent, ne peuvent pas assembler un dipôle magnétique.

4,2 L'idée de l'énergie noire

Nous venons de voir que selon la théorie de la Relation il y avait au début une énergie maximale (identifiée à l'énergie noire) qui a décliné en se transformant en matière ordinaire. Certains auront l'impression que ce papier traite le problème de l'énergie noire d'une manière qui n'est pas cohérente avec le modèle standard de la physique des particules et de la relativité générale. Grosse nuance à apporter : **c'est le problème de l'énergie noire qui est incohérent avec le modèle standard de la physique des particules et de la relativité générale.** Allons voir les choses de plus près.

À en croire les cosmologistes officiels, 70 % du contenu de l'univers seraient constitués d'une mystérieuse énergie noire, indétectable et antigravitationnelle, qui accélérerait l'expansion de l'univers. C'est grâce à l'observation de supernovae lointaines, qui constituent des « bougies standards » destinées à mesurer l'univers à grande échelle, qu'ils ont pu déduire que l'énergie noire existait. Cette dernière n'a pas été prévue par aucune théorie. Elle a été introduite comme simple paramètre dans les équations de la physique des particules quantiques et de la relativité générale, qui sont deux théories diamétralement opposées. Le résultat est que l'énergie noire, qui ressemble à l'énergie du vide quantique, semble être 10^{120} fois trop forte par rapport à ce qu'indiquent les observations. Cet écart gigantesque est au coeur de la plus grande crise de la physique contemporaine.

À notre avis, on en est arrivé à cet écart gigantesque, ou plutôt à cette erreur inacceptable, lorsque les astronomes, pour mesurer la distance de supernovae très lointaines, ont supposé que la luminosité intrinsèque des supernovae est la même pour toutes, indépendante de l'objet particulier mesuré. Avec cette hypothèse gratuite, impossible à prouver, ils ont abouti à la conclusion que l'expansion s'accélérait au lieu de ralentir (ralentir est ce qu'elle fait dans un modèle honnête de Friedmann, et c'est ce qui est prédit dans l'équation de la théorie de la Relation). Ils se sont alors crus avisés de faire appel à un moteur d'origine inconnue propre à fabriquer l'effet désiré : l'énergie noire [19].

Les astrophysiciens ont associé cette énergie noire à une pression négative à l'échelle cosmologique qui se traduirait par une « accélération actuelle » de l'expansion de l'espace. Elle correspond à une énergie du vide quantique dont la valeur serait

démesurément plus grande. Ils ont donné à cette valeur de densité d'énergie du vide le même statut qu'une constante cosmologique répulsive, ce qui les a poussés à réhabiliter la constante cosmologique d'Einstein, mais environ 10^{120} fois plus grande. Il y a une contradiction profonde entre les concepts de la théorie quantique des champs (selon laquelle la densité d'énergie du vide vaut environ 10^{120} fois la densité de la matière-énergie de l'univers actuel), et les idées de la relativité générale (l'énergie du vide est source de gravitation, donc de courbure de l'espace-temps) utilisées pour associer cette estimation aux observations astrophysiques. Cette énergie noire sous forme d'une constante cosmologique répulsive imposée par le vide quantique omniprésent produirait des effets cosmologiques hallucinants : notre univers se courberait si intensément que l'horizon de visibilité se situerait à des distances centimétriques [5].

En décrétant que les supernovae d'antan étaient les mêmes que celles de maintenant, en affirmant dogmatiquement que les premières supernovae étaient forcément d'une composition chimique pareille des suivantes [20], on en est arrivé à la « catastrophe du vide » ou au problème de la constante cosmologique. Le haut degré d'intoxication du milieu scientifique s'est manifesté par l'attribution en 2011 du prix Nobel de physique à trois astrophysiciens appartenant à deux équipes différentes pour leur découverte de l'accélération de l'expansion de l'univers. Cette découverte, basée sur l'hypothèse non validée de l'uniformité des supernovae et des mesures de distance incertaines, cautionnée par la passivité de jugement de la cosmologie officielle, est aussi aberrante que les épicycles de Ptolémée.

De plus en plus, des spécialistes avancent l'hypothèse que l'accélération de l'expansion de l'univers, qui a motivé la création du concept d'énergie noire, pourrait en fait résulter d'un biais observationnel [21]. Qu'est-ce qu'on dira dans les publications astrophysiques (dont le contenu fut tristement uniforme) le jour où elles devront annoncer la non-uniformité des supernovae concernées ?

4,3 Création et émission de neutrinos stériles dans les trous noirs

Les neutrinos stériles ont souvent été proposés comme candidat de matière noire. C'est aussi notre préférence. Ils n'interagiraient que par gravité avec la matière ordinaire, à l'exception d'une petite aptitude à se mélanger avec les neutrinos familiers du modèle standard. Les neutrinos stériles associés à une charge magnétique seraient parmi les seuls sous-produits des annihilations qui parviendraient à fuir l'intérieur du trou noir, tout comme les neutrinos solaires associés à une charge électrique (électron) sont les seuls qui arrivent à s'évader du cœur du Soleil.

Nous nous limiterons donc ici à la création de neutrinos stériles tributaires d'une charge magnétique. La dualité onde-corpuscule des photons, étendue par de Broglie aux ondes

de matière, a conduit au concept quantique de champ de matière. Ce champ quantique de matière est un ensemble d'opérateurs, de créations et d'annihilation de fermions, dont le neutrino : l'opérateur ν_k^+ crée un neutrino d'impulsion k , et l'opérateur ν_k annihile un neutrino d'impulsion k .

Dans cet espace intra-horizon du trou noir actif (chaud et dense), qui fait partie de l'océan agité de Dirac, des paires virtuelles sont constamment créées et détruites. Pendant un bref instant, une particule et son antiparticule se séparent. Il y a alors quatre possibilités :

Processus 1 : les deux partenaires se rencontrent et s'annihilent.

Processus 2 : l'antineutrino reste dans le trou noir et *le neutrino se matérialise dans le monde extérieur.*

Processus 3 : le neutrino reste dans le trou noir et son *antineutrino s'échappe dans le monde extérieur.*

Processus 4 : les deux partenaires restent dans le trou noir.

Les particules qui s'échappent vers l'extérieur seraient des *monopoles fermioniques* (refusent de se mettre dans le même état). Ils quitteraient avec une vitesse relativiste. Pourrait-il y avoir plusieurs types de neutrinos stériles magnétiques pouvant osciller entre eux ? Est-ce que le neutrino à charge magnétique pourrait obtenir la saveur d'un neutrino électronique ? Certainement pas par un processus d'oscillation, puisqu'il faudrait que tous les neutrinos impliqués soient associés à un même type de charge. **Il est par contre possible d'envisager que le neutrino stérile magnétique puisse se désintégrer en rayons gamma (photons), en neutrinos standard (charge électrique), en neutrinos stériles magnétiques plus faibles (charge magnétique), et autres particules.** Pour revenir aux neutrinos évadés du trou noir, ils auraient plutôt tendance à ralentir et se regrouper avec le refroidissement pour former le monde noir dont les règles ne reflètent pas le nôtre. Ils obéiraient à d'autres lois de la non-symétrie, les lois inversées de Maxwell, et seraient pourvus d'interactions magnétoélectriques et faibles (très petites comparées aux forces nucléaires). La masse de ces neutrinos affiliés à la charge magnétique serait infime au lieu d'être énorme ou nulle, mais suffisante pour combler le déficit de masse manquante.

Les scientifiques pensent qu'il peut y avoir plus qu'un simple type de matière noire. Une possibilité est que plusieurs classes de particules de matière noire existent, ainsi qu'une variété de forces qui n'agissent que sur elles. Une idée est que les particules de matière noire interagissent entre elles par une force que la matière ordinaire ne peut ressentir. Ces particules pourraient porter une « charge noire » qui les attire ou les repousse même si elles sont électriquement neutres et pourraient émettre des « photons noirs ». Les atomes noirs émettraient des photons noirs à un rythme différent de la matière ordinaire qui émet

des photons ordinaires. On sait en observant les formes des galaxies que ce rythme doit être très faible.

5 Efforts de quatre chercheurs

En rapport avec notre papier, nous soulignons certains aspects des travaux de quatre chercheurs tenaces qui contribuent à l'extension des connaissances sur la matière noire, les monopôles magnétiques, les trous noirs, les neutrinos stériles :

Georges Lochak, président de la Fondation Louis-de-Broglie, est connu pour ses travaux sur les monopôles magnétiques : le monopôle magnétique est un fermion doué d'interactions faibles. Il a trouvé une équation, analogue à celle de Dirac, qui représente non plus un électron mais un monopôle magnétique, lequel est, en quelque sorte, l'autre versant de l'électron. Son équation retrouve la formule de Dirac qui montre que la charge d'un monopôle magnétique est égale à un multiple entier de la charge de l'électron multipliée par 68,5 : son équation rejoint ce résultat et elle indique, que si le multiple est égal à zéro – donc si le monopôle n'a pas de charge et est neutre – ses équations coïncident avec celles du neutrino [22]. Georges Lochak travailla pendant dix années avec Léonid Urutskoïev de l'Institut Kurtchatov qui fut à la tête d'une équipe qui cherchait l'origine de la catastrophe de Tchernobyl. Urutskoïev avait émis l'hypothèse d'un flot de monopôles, provenant d'une explosion électrique qui s'est produite dans la salle des machines. Certains indices le firent pencher vers l'hypothèse d'un monopôle magnétique léger qui correspondait au monopôle de Lochak. Des dizaines de physiciens contribuèrent à un travail commun de recherche. Les expériences se comptèrent par centaines. Le centre théorique principal fut la Fondation Louis de Broglie.

André Michaud a exploré les fondements d'une mécanique électromagnétique des particules élémentaires dont les lois s'appliquent à tous les niveaux. Il a décrit une géométrie de l'espace-temps qui permet de représenter l'induction mutuelle de l'énergie électrique et de l'énergie magnétique à l'intérieur des particules élémentaires en mouvement en conformité avec les équations de Maxwell [23]. Il détaille une expérience qu'il a effectuée qui prouve hors de doute la relation inverse du cube de la distance entre les champs magnétiques d'aimants dont les pôles nord et sud coïncident physiquement, prouvant par le fait même que la même loi d'interaction inverse du cube s'applique aussi par similarité aux particules électromagnétiques élémentaires collisionnables au comportement quasi-ponctuel. Cette expérience prouve également que l'aimant utilisé se comporte comme un monopôle magnétique [24].

Eue Jin Jeong a essentiellement démontré que les problèmes des jets de trous noirs et de la matière noire sont essentiellement un phénomène physique intégré causé par la gravité dipolaire. Sa découverte exceptionnelle de la gravité dipolaire à longue portée s'inscrit dans la complémentarité de la relativité générale d'Einstein et dans la simplicité du principe d'équivalence. Il explique le problème de la matière noire dans son livre en

invoquant le fait que les jets des pôles sud et nord du trou noir en rotation constituent une source ponctuelle de la matière sortante continue qui suit les lignes de force de la gravité dipôle [25]. Jeong a commencé au début de 1982, alors qu'il était étudiant aux cycles supérieurs, à se demander pourquoi la relativité générale n'expliquait pas les phénomènes de jet dus aux disques d'accrétion de trous noirs. Il était perplexe devant la gravité dipolaire écartée à la limite du champ faible de la relativité générale. Sa recherche de la solution au problème le conduisit à se rendre compte en 1995 que l'hémisphère en rotation a une fréquence de rotation qui dépend du déplacement relativiste du centre de masse. En enquêtant plus loin, il a dérivé la force Lense-Thirring du potentiel de gravité du dipôle généré par les deux hémisphères superposés à l'intérieur de la sphère tournante. Le résultat est décrit avec une dérivation mathématique détaillée dans un article publié en 1999 [26].

Kevork Abazajian, un physicien américain qui travaille à l'université de Californie, a démontré dans un article par quel mécanisme des neutrinos stériles de 7 keV peuvent être produits et être à l'origine des raies gamma inconnues observées à 3,5 keV en provenance du centre des amas de galaxies [27, 28]. Plusieurs équipes d'astrophysiciens ont observé une raie spectrale de rayons X (gamma) à l'énergie d'environ 3,5 keV qui ne correspond à rien de connu et semble bien réelle, c'est-à-dire statistiquement significative. La seule hypothèse restante pour expliquer l'existence de ces photons semblant provenir de là où il y a le plus de matière noire, est qu'ils proviendraient de la désintégration de neutrinos stériles. Comme ils sont un peu lourds, ils se désintègreraient en produisant des neutrinos « normaux » et des photons dont l'énergie serait la moitié de leur masse. Abazajian considère que toute la matière noire est constituée de tels neutrinos stériles de 7 keV,

6 Chaleur, entropie et information ont tout à voir avec les trous noirs

6.1 Le problème de l'entropie

L'entropie est interdite aux trous noirs par la relativité générale, car la théorie exige qu'ils soient complètement lisses, sans sous-structure. La relativité générale décrit un trou noir comme ayant une géométrie lisse et indique que chaque trou noir d'une masse, d'un spin et d'une charge donnés devrait être exactement le même : en d'autres termes, «les trous noirs n'ont pas de cheveux».

En revanche, la mécanique quantique indique que les trous noirs ont une grande quantité d'entropie, ce qui signifie une structure microscopique, ou un cheveu. En 1972, Jacob D. Bekenstein fut le premier à suggérer que les trous noirs devraient avoir une entropie bien définie. Il a écrit que l'entropie d'un trou noir était proportionnelle à la surface de son horizon d'événements. Bekenstein a également formulé la deuxième loi généralisée de la thermodynamique pour les systèmes comprenant des trous noirs. Les deux contributions ont été confirmées lorsque Stephen Hawking (et, indépendamment, Zeldovich et d'autres) ont proposé l'existence du rayonnement de Hawking deux ans plus tard. Hawking s'était initialement opposé à l'idée de Bekenstein au motif qu'un trou noir ne pouvait pas

émettre d'énergie et ne pouvait donc pas avoir d'entropie [29] Cependant, en 1974, Hawking a effectué un long calcul qui l'a convaincu que des particules peuvent effectivement être émises par des trous noirs.

En réfléchissant au trou noir isolé, Hawking remarqua que le spectre lumineux du rayonnement éponyme qui en sortait aurait la même apparence que celui d'un corps chaud rayonnant, ce qui signifie que le trou noir a une température. En général, la température résulte du mouvement des atomes à l'intérieur des objets. La nature thermique du rayonnement de Hawking suggérait donc que le trou noir devrait avoir une structure microscopique constituée d'une sorte de blocs de construction discrets ou de bits. Les travaux de Bekenstein et Hawking donnent une formule pour le nombre de bits, une mesure connue sous le nom d'entropie du trou noir. L'entropie est une jauge du désordre qui devient d'autant plus grande que le nombre d'états qu'un objet peut avoir augmenté. Plus le nombre de bits dans un trou noir est grand, plus les arrangements possibles sont nombreux et plus l'entropie est grande.

Voici donc la contradiction : la relativité dit « pas de cheveux », alors que la mécanique quantique dit que les trous noirs ont une grande quantité d'entropie, ce qui signifie une certaine structure microscopique, ou cheveux.

6.2 Le paradoxe de l'information

D'après l'image standard de la mécanique quantique, l'information ne peut jamais être détruite. Même lorsque vous gravez une lettre, par exemple, les informations d'origine codées dans les atomes de la lettre sont conservées dans les cendres. En mécanique quantique, chaque système est décrit par une formule appelée fonction d'onde, qui code les chances que le système se trouve dans un état particulier.

Selon le premier calcul de Hawking, les particules qui sortent d'un trou noir ne dépendent pas du tout des propriétés du matériau pénétrant dans le trou. Nous pourrions envoyer une note avec un message dans le trou noir et il n'y aurait alors aucune possibilité de reconstruire le message des particules finales qui émergeraient. Le rayonnement de Hawking implique que les trous noirs détruisent l'information de la matière qui tombe en eux. Dans l'expérience de pensée de Hawking, la perte d'informations signifie que nous n'avons aucun moyen de prédire la fonction d'onde du rayonnement de Hawking en fonction des propriétés de la masse qui est entrée dans le trou noir. La mécanique quantique interdit la perte d'informations. Hawking conclut donc que les lois de la physique quantique doivent être modifiées pour permettre cette perte dans les trous noirs.

Pour tenter de résoudre ces énigmes, les physiciens ont cherché de nouvelles façons de combiner la relativité générale et la mécanique quantique en une théorie cohérente qui

pourrait décrire les trous noirs. En 1997, Juan Maldacena a trouvé une solution au problème de la perte d'informations – une solution parfois appelée la dualité de Maldacena. Cette dualité est une équivalence entre la mécanique quantique et la gravité – une théorie quantique de la gravité. Cela signifie que la physique quantique d'un trou noir est équivalente à celle d'un gaz ordinaire de particules nucléaires chaudes. Cela signifie également que l'espace-temps est fondamentalement différent de ce que nous percevons, plus comme un hologramme tridimensionnel projeté à partir d'une surface bidimensionnelle d'une sphère. Si les hypothèses de Maldacena sont vraies, les lois quantiques ordinaires s'appliqueront également à la gravité des trous noirs et les informations ne pourront pas être perdues [30].

Hawking avait proposé que la relativité générale fonctionne pour les trous noirs mais que la mécanique quantique doit être modifiée. Maldacena conclut plutôt que l'espace-temps est holographique. En 2004, Hawking a annoncé qu'il avait changé d'avis sur la nécessité pour les trous noirs de perdre des informations.

6.3 Entropie, chaleur et information du trou noir selon la théorie de la Relation

Nous considérons que la physique quantique à l'intérieur d'un trou noir est équivalente à celle d'un magma d'énergie concentrée, ou à celle d'un gaz de particules nucléaires chaudes. Selon la théorie de la Relation, l'énergie est « noire » pour une double raison : parce qu'elle subit un changement d'énergie (principe de Compensation) [31], et qu'il se produit au passage de l'horizon des événements un blackout accompagné d'un renversement de charge.

Nous conjecturons que l'énergie à l'intérieur des trous noirs actifs – entourés d'un disque d'accrétion dont la matière les nourrit – est soumise à des fluctuations quantiques hautement thermiques (énergie cinétique du mouvement des particules). La température, c'est-à-dire la capacité d'absorption d'énergie, est très élevée. Non seulement la quantité d'énergie est énorme mais aussi sa disponibilité. Selon la mécanique quantique, des paires de particules et leurs contreparties antimatière naissent sans cesse, puis disparaissent quelques instants plus tard dans tout l'univers. Des paires de particules thermiques réelles qui peuvent être aussi bien bosoniques que leptoniques. Une quantité énorme de radiations et de particules s'échappe de l'intérieur des trous noirs.

Suivant la relativité générale, aucun signal d'aucune sorte ne peut revenir d'au-delà de l'horizon car cela supposerait excéder la vitesse de la lumière. Or si on se fie à l'équation que Hawking a dérivée pour la température d'un trou noir [32],

$$T^o = \frac{1}{16 \pi^2} \times \frac{c^3 h}{GMk}, \quad (17)$$

(T^o est la température, k est la constante de Boltzmann, kT^o est l'énergie), il n'est pas requis qu'une particule excède la vitesse de la lumière pour traverser l'horizon vers l'extérieur. Et rien n'indique que la masse M qui fond contient que des photons. Elle peut comporter des hadrons. Nous nous en tenons aux neutrinos magnétiques.

Dans l'expression

$$kT^o M = \frac{1}{16\pi^2} \times \frac{c^3 h}{G}, \quad (18)$$

T^o et M sont inversement proportionnelles : lorsque la température, ou l'énergie, augmente, la masse classique décline. La contradiction entre la masse qui diminue et l'énergie qui croît paraît flagrante, puisque qu'énergie et masse sont censées être équivalentes. Clairement, l'énergie kT^o contient la masse quantique m_o qui est proportionnelle à la température. [m_o provient de $kT^o = hv = m_o c^2$. L'équation (17) provient de $t_o c = GM/c^2 = h/m_o c = h/kT^o$].

Le lien entre énergie, entropie et température renvoie à la deuxième loi de la thermodynamique qui dit que l'entropie augmente toujours. La loi de l'entropie implique une irréversibilité. Le principe de l'irréversibilité veut que si l'on abandonne à elles-mêmes des choses à différentes températures, avec le temps qui passe, leurs températures se rapprochent de plus en plus, et la disponibilité de l'énergie décroît continuellement. Le sens unique mène toujours à une perte de disponibilité de l'énergie. La baisse de température, et donc la baisse de capacité d'absorption d'énergie, va de pair avec une hausse d'entropie (qui est une énergie dégradée) [33].

Dans le cas des trous noirs actifs, il y a une très haute température autour et au-delà de l'horizon. La hausse de température, et donc l'augmentation d'énergie, devrait aller avec une baisse d'entropie. Mais on conclut que l'augmentation d'énergie-masse va de pair avec une hausse d'entropie. Dans ce cas, la deuxième loi de la thermodynamique qui affirme que l'entropie augmente présente un sérieux problème avec la température et l'énergie [34].

L'énergie est un concept subtil, difficile à bien saisir. On peut dire que l'énergie arrête le mouvement autant qu'elle le provoque. Bekenstein a d'abord conjecturé que les trous noirs ont de l'entropie. L'entropie va toujours de pair avec l'énergie. En elle-même, l'existence d'entropie n'implique pas qu'un système possède une température. Pour Hawking, la clef était la température, pas l'entropie. Il anticipa que les trous noirs ont aussi une température. Ils ne sont pas des objets froids, morts. Ils rayonnent grâce à une chaleur interne mais, en fin de compte, c'est cette chaleur qui provoque leur destruction

Au sujet de l'information, nous pensons que les lois de la relativité générale sont inapplicables au-delà de l'horizon et que la mécanique quantique ne doit pas être modifiée : l'information ne peut jamais être détruite. Imaginons les particules tombant dans un trou noir, chacune avec sa fréquence particulière qui est son message. Très vite, les fréquences bien nettes commencent à se dissoudre, le message devient presque impossible à discerner dans ce magma d'énergie noire. Le message devient désespérément brouillé dans ce mélange inextricable de fluctuations quantiques. Les principes de la mécanique quantique assurent que le message est toujours présent au sein de particules déformées se déplaçant de façon chaotique. Bien que brouillée, pas un seul bit d'information n'a été éradiqué. Chaque bit d'information finit par être transféré aux photons et autres particules qui évacuent l'énergie du trou noir. L'information est emmagasinée parmi les particules qui forment le rayonnement Hawking. Ce dernier calcula que la perturbation des fluctuations du vide due aux trous noirs provoquait l'émission de photons, comme si l'horizon d'un trou noir était un corps noir [32]. Hawking croyait qu'une particule dans une paire virtuelle s'échappe du trou noir mais ne porte aucune information. De nombreux théoriciens ont conclu que Hawking avait tort, qu'il avait confondu le brouillage des informations avec la perte d'informations réelle. Nous estimons que non seulement l'information s'échappe du trou noir mais aussi la matière détruite.

Peut-être que la vérité est quelque part dans un hologramme. Un hologramme est une image à deux dimensions qui permet de reconstituer des images à trois dimensions. Le principe holographique est une conjecture spéculative dans le cadre de la théorie de la gravité quantique, proposée par Gerard 't Hooft en 1993 puis améliorée par Leonard Susskind en 1995. Cette conjecture propose que toute l'information contenue dans un volume d'espace peut être décrite par une théorie qui se situe sur les bords de cette région. Par exemple, l'espace cosmique en expansion et les trous noirs ont des horizons comme bord. L'horizon cosmique des événements d'un univers en expansion est mathématiquement semblable à l'horizon d'un trou noir. La différence est que dans le premier cas on se trouve dedans et que l'on regarde vers l'extérieur, et dans l'autre on le regarde de l'extérieur. On peut supposer que les photons du rayonnement du fond diffus cosmologique qui nous entoure sont les messagers de l'horizon cosmique qui porteraient les images codés du mégavers. Tout comme on peut supputer que les événements physiques qui se déroulent derrière l'horizon du trou noir seraient télégraphiées à l'extérieur en un code télégraphique brouillé sous la forme du rayonnement de Hawking [35]. L'idée que l'univers est une sorte d'image holographique est surprenante.

7 Commentaires et conclusion

Plus de 80 pour cent de la masse de l'univers est invisible. La présence de cette matière noire est détectée grâce à sa signature gravitationnelle [36]. Sa nature demeure une des grandes énigmes de la cosmologie. Mais l'on sait au moins qu'elle est, en majorité, de nature différente de la matière ordinaire qui compose planètes et étoiles [37]. En pratique, les observations montrent que l'on ne peut expliquer la distribution de matière en supposant qu'elle est, d'une part, uniquement baryonique et, d'autre part, régie seulement par les lois de la gravitation. Pour réconcilier théorie et observation, les scientifiques ont envisagé soit changer le contenu matériel de l'univers, soit changer les lois de la gravitation. L'hypothèse d'une forme inconnue de matière demeure la plus acceptée. Une pléthore de scénarios de physique de haute énergie postule de nouvelles formes de matière difficilement détectables [38]. Qu'il s'agisse d'expériences de détections directes ou indirectes, les pistes – particulièrement la piste des particules supersymétriques – ressemblent beaucoup à une impasse. On conviendra que dans ce moment de crise actuelle, il ne faut laisser aucune piste de côté.

Dans ce papier, nous venons d'exposer une piste radicalement différente pour expliquer l'énigme de la matière noire : une refonte conceptuelle majeure qui concerne, outre la matière noire, l'électromagnétisme, le neutrino stérile ainsi que les trous noirs. Notre modèle prédit que la matière noire peut s'accompagner d'une version cachée et remaniée de l'électromagnétisme (et possiblement aussi d'une force faible cachée), ce qui implique que la matière noire peut émettre et réfléchir de la lumière cachée. Cette « lumière » est invisible pour nous et la matière noire reste donc invisible. Néanmoins, ces nouvelles forces pourraient avoir des effets très importants. Par exemple, ils pourraient déformer les nuages en interaction de particules sombres. Les astronomes ont recherché cet effet dans le fameux amas de la Balle, aussi appelé 1E 0657–56, constitué de deux groupes de galaxies qui se sont croisées. Les observations montrent que le mélange de groupes a laissé la matière noire en grande partie non perturbée, ce qui indique que les forces sombres sont faibles [39].

La nouvelle variante de l'électromagnétisme, que nous appelons magnétoélectricité, permettrait également aux particules sombres d'échanger de l'énergie et de la quantité de mouvement, processus qui aurait tendance à les homogénéiser et à rendre sphérique les halos. Nous pouvons justement tirer des conclusions sur la grandeur de la force « noire » de l'électromagnétisme remanié – et donc sur la fréquence de l'annihilation de la matière noire – en examinant les effets de cette force sur les galaxies. La raison pour laquelle les galaxies ont une structure aplatie est que l'électromagnétisme permet à la matière ordinaire de perdre de l'énergie et de s'installer dans les disques. Des nuages de gaz dans les galaxies émettent de l'énergie électromagnétique par l'émission de photons. Ce rayonnement fait en sorte que la matière en rotation à l'intérieur des nuages s'agglomère et finit par se détendre en une structure moins ronde. Parce que nous savons que la

matière noire est principalement distribuée de manière sphérique autour de la plupart des galaxies et ne s'effondre pas sur un disque, nous pouvons en conclure qu'elle ne peut pas perdre d'énergie via l'émission de photons noirs au même rythme que la matière ordinaire [40].

Nous avons vu plus haut que si l'on applique les lois renversées de Maxwell et que si l'on tente les mêmes démarches que celles qui ont abouti à l'équation de l'électron, on trouve une autre particule, non plus un électron mais un monopôle magnétique. Les lois renversées de Maxwell ne constituent pas une alternative à la matière noire comme peut l'être une modification des lois de la gravitation de façon quelque peu *ad hoc*, mais une explication révélatrice de l'existence de cette substance noire qui proviendrait des trous noirs.

Les trous noirs supermassifs sont en train de s'imposer comme les plus prolifiques des créateurs. Loin d'être passifs, ils crachent, soufflent. Ils émettent de grandes quantités d'énergie accumulées autour d'eux avec une puissance sans égale. Leurs jets de matière auraient fécondés le cosmos sur des distances vertigineuses, déclenchés des flambées d'étoiles, créés des galaxies [2]. Et pourquoi les trous noirs supermassifs n'auraient-ils pas aussi engendré la matière noire ? Pourquoi ne joueraient-ils pas aussi le rôle de producteur de matière noire ? Certainement pas par les jets de gaz condensés. La matière noire est différente de la matière ordinaire, tout comme l'est la matière à l'intérieur du trou noir.

Notre hypothèse de l'inversion des lois de Maxwell ainsi que celle du trou noir producteur de matière noire pourront paraître aussi sommaires qu'absurdes. Mais disons-le, l'existence même de la matière noire paraît absurde. Tout comme l'était l'idée des trous noirs qui n'avaient d'abord été qu'une « catastrophe » mathématique boudée par les théoriciens, dont Einstein qui les avait prédits. Notre vision concernant les liens entre la matière noire et les trous noirs peut être résumée comme suit :

La matière noire est intimement liée aux trous noirs. La noirceur de la matière noire et des trous noirs est provoquée par l'inversion des lois de Maxwell. Cette inversion est déclenchée près de l'horizon du trou noir alors que les courants magnétiques combinés avec une pression gigantesque et une haute température provoquent une transition de phase qui résulte en un renversement des lois de Maxwell. Ce qui signifie qu'une charge magnétique se substitue à la charge électrique, et que le courant électrique devient tributaire du courant magnétique. On peut dire que dans l'espace du trou noir se crée une force magnétoélectrique. La substance de la matière noire provient des trous noirs. Ces derniers émettent des particules par le processus de création de paires de particules enclenché par la métamorphose des photons de grande énergie. L'accroissement de l'énergie-masse des trous noirs augmente le taux de matérialisation et d'annihilation de

l'énergie noire à l'intérieur. Le rayonnement « noir » se matérialisera en créant un neutrino et un antineutrino, particules associées à la charge magnétique. S'ils ne sont pas annihilés, certains traverseront le trou noir avec une vitesse relativiste proche de celle de la lumière avant de ralentir pour constituer la matière noire. Mais il peut aussi arriver que deux particules opposées se rencontrent au sein du trou noir. Ils se dématérialisent, ils se muent en deux rayons de même énergie et dirigés en sens inverse. Un de ces rayons « noir », sinon les deux, peut traverser le trou noir sans heurter une particule ordinaire à l'extérieur, **et ce rayonnement noir peut se matérialiser en créant un neutrino et un antineutrino magnétique stérile accompagnés de particules et de photons normaux de haute énergie.** Il y a davantage qu'une évaporation thermique, il s'agit d'émission spontanée de particules. Les trous noirs ne constituent donc pas la matière noire, comme on est porté à croire. Par contre, les trous noirs produisent et émettent la substance qui constitue la matière noire, en l'occurrence le neutrino stérile à charge magnétique. Les trous noirs se défont en produisant une matière noire qui se désintègre peu à peu.

Les crises en science sont souvent les plus créatives. Cette refonte devrait avoir des implications profondes en physique théorique et en astrophysique.

Références

- [1] Rosenberg, L., *Scientific American*, Vol. 318, issue 1, 53 (2018).
- [2] Fontez, M., Ikonicoff, R., Grousson, M., Benoît, R., *Science & Vie*, No. 1204, 40-56 (2018).
- [3] Bagdoo, R. (2019) *The Equation of the Universe (According to the Theory of Relation)*. *Journal of Modern Physics* , 10, 310-343.
<https://doi.org/10.4236/jmp.2019.103022>
- [4] Bagdoo, R. (2019) *The World in an Equation: A Reappraisal of the Lemaitre's Primeval Cosmic Rays*. *Journal of Modern Physics*, 10, 922-952.
<https://doi.org/10.4236/jmp.2019.108061>
- [5] Gunzig, E., *Que faisiez-vous avant le big-bang?* Odile Jacob, Paris, 163, 279-282, 287 (2008).
- [6] Devos, S., *Ciel & Espace*. No. 566, 42-61 (2019).
- [7] Hutten, E. H., *Les concepts de la physique*, Dunod, Paris, 52 (1969).
- [8] Dirac, Paul A.M., *Quantised Singularities in the Electromagnetic Field*, *Proceedings of the Royal Society of London. Series A* 133, 60, p. 9 (1931).
- [9] Adair, R. K., *The Great Design*, Oxford University Press, New York. 134, 247 Note 2 (1987).
- [10] Song, J. S., *Theory of Magnetic Monopoles and Electric-Magnetic Duality: A Prelude to S-Duality*, *J. Undergrad. Sci.* 3: 47-55 (1996).
- [11] Ikonicoff, R., Benoît, R., *Science & Vie*. No. 1224, 61-81 (2019).
- [12] Thorne, K., *Trous noirs et distorsions du temps*. Champs, Flammarion, 466-7, 489, 496, 509-511, 515 (1994).
- [13] Eisenstaedt, J., *Einstein et la relativité générale*, CNRS éditions, Paris, 432-486, 451, 460-1 (2003).
- [14] Hawking, S., Penrose, R., *La nature de l'espace et du temps, nrf essais*, 124, 125 (1996).
- [15] Price, R. and Thorne, K., *Pour la Science*. Dossier Hors-série juillet, 72-78 (1997).
- [16] Hawking, S. W., *Préservation de l'information et prévisions météorologiques pour les trous noirs* (2014). arXiv:1401.5761v1 [hep-th] 22 Jan 2014.
- [17] Bagdoo, R. (2019) *Scenario for the Origin of Matter (According to the Theory of Relation)*. *Journal of Modern Physics*, 10, 163-175.
<https://doi.org/10.4236/jmp.2019.102013>
- [18] Bertone, G., *Le mystère de la matière noire*, Dunod, 100-102, 160-163 (2013).
- [19] Magnan, Christian, *Le théorème du jardin*, amds édition, 244, 263 (2011).
- [20] Bagdoo, Russell, *Inconstante cosmologique, supernovæ Ia et décélération de l'expansion* (2011).
<http://vixra.org/abs/1305.0006>
<https://www.academia.edu/5539783/>
- [21] Colin, Jacques, Mohayae, Roya, Rameez, Mohamed, Sarkar, Subir, *Astronomy and Astrophysics*, vol. 631, L13 (2019).
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/201936373>

- [22] Lochak, G., *The equation of a Light Leptonic Magnetic Monopole and its Experimental Aspects* (2008). <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0801/0801.2752.pdf>.
- [23] Michaud, André, *Mécanique électromagnétique des particules élémentaires*, Éditions Universitaires Européennes, 2^o Édition, Berlin, 239-273 (2017).
- [24] Michaud, A., *The Magnetostatic Inverse Cube Law and Magnetic Monopoles*, International Journal of Engineering Research and Development, Volume 7, Issue 5, PP.50-66 (2013).
- [25] Jeong, E.J., *Physics of the Millennium Birth of the New Paradigm*, ISBN: 978-1-310-30969-4, 26-132 (2015).
- [26] Jeong, E.J., *Non-Newtonian Force Experienced by Gravitational Dipole Moment at the Center of the Two Mass Pole Model*, Physica Scripta, Vol. 59, 339-343 (1999).
- [27] Abazajian, K., *Resonantly Produced 7 keV Sterile Neutrino Dark Matter Models and the Properties of Milky Way Satellites*, Phys. Rev. Lett. 112, 161303 (2014).
- [28] Abazajian, K. et al, *Light Sterile Neutrinos: A White Paper* (2012). <http://arxiv.org/abs/1204.5379>.
- [29] Overbye, Dennis, *Jacob Bekenstein, Physicist, dies at 68; revolutionized the study of black holes*, New York Times, p.B7, August 22 (2015).
- [30] Polchinski, J., Scientific American. Volume 312, Number 4, 36-41 (2015).
- [31] Bagdoo, Russell, *The Pioneer Effect: a new Theory with a new Principle* (2008). <http://vixra.org/abs/0812.0005>, <https://www.academia.edu/5535864>
- [32] Susskind, Leonard, *Trous Noirs*, Gallimard, folio essais. 166-7, 171, 183-4, 192-3, 216, 223-224, 241, 586 (2008).
- [33] Feynman, Richard, *La nature de la physique*, Editions du Seuil, 144 (1980).
- [34] Mayhew, Kent W., *New Thermodynamics: Say No to Entropy*, ISBN-13: 978-1722479190, p. 188 (2018).
- [35] Susskind, Leonard, *Le paysage cosmique*, folio essais. 514, 515, 518, 519 (2007).
- [36] Bagdoo, Russell, *LES COURBES DE ROTATION DES GALAXIES TRACÉES PAR LA THÉORIE DE LA RELATION* (2012). <http://vixra.org/abs/1304.0087> <https://www.academia.edu/5539792>
- [37] Zweibel, E., Recherche, Hors-Série avril, 10, 90 (1998).
- [38] Riazuelo, A., Pour la Science. Dossier, No. 71, 66 (2011).
- [39] Feng, J., Trodden, M., Scientific American, Vol. 23, number 3, 44-51(2014).
- [40] Dobresco, BA., Lincoln, D., Scientific American, Vol. 313, issue 1, 32-39 (2015).