

LE TROU NOIR DE KERR REVISITE

- **Avertissement:**

Les images des galaxies et de leurs noyaux, obtenus par traitement informatique, montrent que les Trous Noirs ne sont pas un mythe. Mais il apparaît qu'ils ne fonctionnent pas strictement selon les modèles élaborés par les théoriciens, et donc qu'un travail d'observation et de réflexion est nécessaire. Les idées et les hypothèses, que je propose ici, ne sont que des pistes de travail. Il convient donc de les considérer avec toute la prudence et l'ouverture d'esprit qui s'imposent.

Modèles théoriques:

Deux modèles de trous noirs ont été proposés par les théoriciens.

1. Le trou noir à symétrie sphérique

C'est ce modèle qui, à tort, est toujours présenté. Je n'en parlerai pas, il a contre lui deux arguments qui le récuse définitivement. Le premier est que tout objet massif (étoile) qui s'effondre conserve obligatoirement son moment angulaire, et donc aboutit toujours à un trou noir en rotation relativiste. Or, jusqu'à preuve du contraire, il n'existe pas dans l'univers des étoiles qui ne tournent pas sur elles même. Et le deuxième c'est l'apparition d'une "singularité" sous la forme d'un infini de densité, ce qui physiquement est inacceptable.

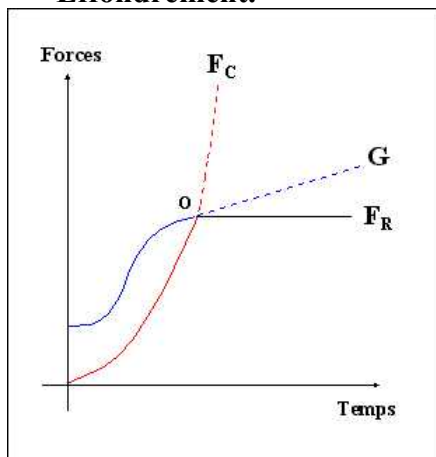
2. Le trou noir à symétrie axiale. (Trou Noir de Kerr)

Ce modèle semble beaucoup plus proche de la réalité physique. Il tient compte des conséquences dues au moment angulaire de l'étoile. Il décrit un état final relativiste plausible. Malheureusement il ne décrit qu'un résultat final supposé, mais pas ce qui se passe réellement lors de la phase d'effondrement et qui peut modifier considérablement cet état final. D'autre part il ne résout pas, lui non plus le problème de la "singularité" rencontré avec le Trou Noir à symétrie sphérique. Ce sont là les raisons qui imposent de revisiter ce modèle.

Trou Noir de Kerr Revisité, Quelques Hypothèses. (TNKR)

La formation des Trous Noirs de Kerr implique la gravitation (liée à la masse), l'inertie d'un système en rotation (Forces centrifuges), les forces atomiques qui s'opposent à l'effondrement.

- **Effondrement.**



Lors de l'effondrement d'une étoile massive, par suite de la conservation du moment angulaire, la vitesse de rotation angulaire de l'étoile s'accroît de telle sorte que la vitesse à l'équateur tend vers la vitesse limite C . (# 300.000 km/s). Quand cette vitesse limite est atteinte (**O**) alors on aboutit à un équilibre (F_R) entre les forces de gravitation (G) et les **forces centrifuges** (F_C). Ces dernières tendent à s'accroître indéfiniment (fonction relativiste) alors que les force de gravitation tendent à être globalement constantes puisque directement liées à la masse, et que la géométrie est limitée au mieux à une sphère. L'effondrement est alors **stoppé**.

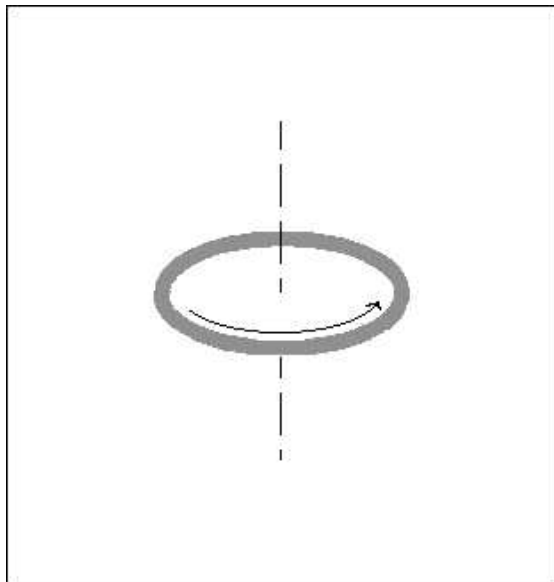
Pendant toute la durée de l'effondrement, et hors de l'équateur, la physique obéit aux lois de la mécanique classique. Ainsi la force centrifuge, due à l'inertie, est orientée, depuis l'axe de rotation, en direction de l'équateur. En conséquence, la matière, toute la matière, est projetée vers l'équateur où elle s'accumule sous forme d'un tore relativiste. Dans le tore, et uniquement là, la force centrifuge est orientée vers l'intérieur du tore (Effets relativistes). Nous avons donc dans le tore un effet de confinement.

Notons que la matière se présente alors sous forme d'un plasma de particules à très haute densité. (Neutrons, protons, électrons, etc.) Mais on remarque que ce modèle n'implique pas que la densité soit infinie.

- **Effets inertiels.**

Nous venons de voir que l'inertie a un très grand rôle à jouer lors de la formation du TNKR. Mais son rôle ne s'arrête pas là. L'inertie est directement liée à la masse. Et le moment d'inertie est directement lié à la vitesse de rotation angulaire du tore. Cela implique que plus le trou noir est massif, plus il se comporte comme une plate forme inertielle absolue. Son axe de rotation ne peut pas changer de manière significative au cours du temps. C'est un gyroscope relativiste "quasiment parfait". On pourrait, dans l'avenir, parfaitement utiliser cette propriété associée aux trous noirs hyper massifs des noyaux de certaines galaxies comme références pour cartographier l'univers. (M87 par exemple).

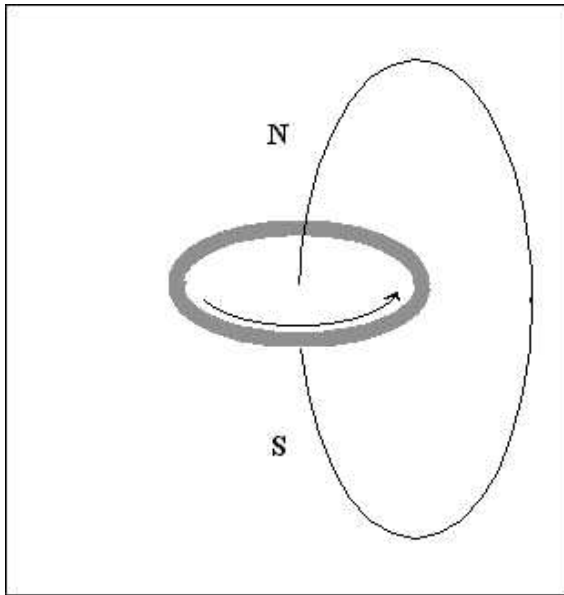
Le moment inertielle est tel, que toute "tentative" pour le modifier est vouée à l'échec. Ainsi l'accrétion de la matière d'une étoile entraîne ipso-facto l'éjection d'une quantité de matière de masse équivalente hors du trou noir. Si ne n'était pas le cas, le trou noir éclaterait. Cela est d'autant plus vrai que le rapport des moments d'inerties entre le trou noir et l'étoile est plus grand. Notons que, dans ce cas, cette éjection ne peut avoir lieu que dans le plan de rotation du trou noir. Cette propriété implique que les TNKR sont des objets totalement stabilisés et que leur masse est invariante dès que leur équateur a atteint la vitesse limite.



Champs magnétiques:

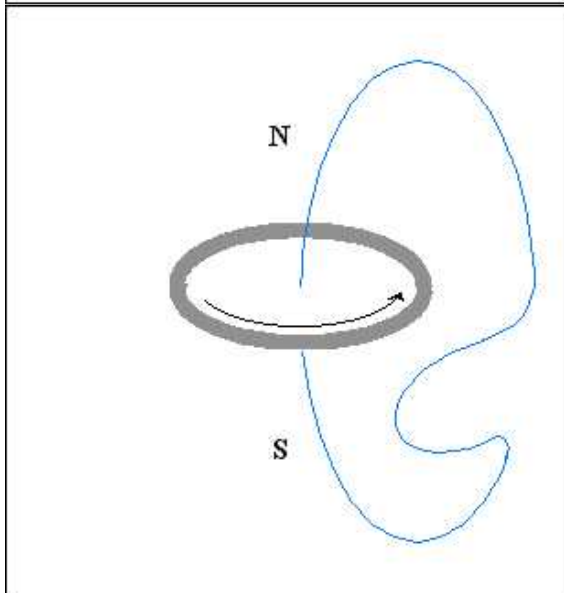
Nous avons vu que le TNKR se présente sous la forme d'un tore de plasma en rotation relativiste à très haute densité de particules. Si certaines de ces particules sont chargées, alors on peut assimiler ce tore à un supraconducteur soumis à un courant électrique dont l'intensité est colossale car amplifiée selon la relation $\frac{c}{2\pi R}$.

En conséquence, le plan du tore est traversé par un champ magnétique extrêmement intense.



Mais attention, ce ne sont pas des particules chargées qui circulent dans de la matière, c'est le tore, autrement dit le support matériel qui est en rotation et qui entraîne avec lui les particules.

Cette particularité fait que le champ magnétique est lui aussi en rotation relativiste, par rapport à son axe. Les lignes de force du champ magnétique traversent le plan de rotation du TNKR selon des rayons extérieurs supérieurs à celui de l'équateur du tore (Trou Noir). Le schéma, ci-contre, montre le trajet d'une de ces lignes de force

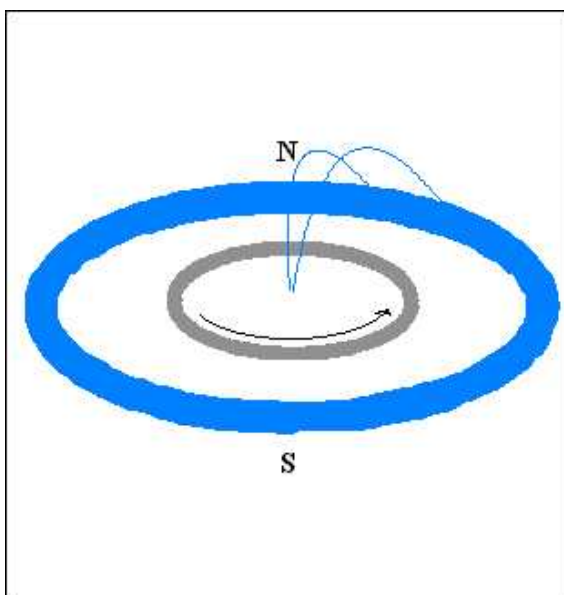


Du fait des vitesses limites atteintes la différence de rotation angulaire φ (déphasage), entre un point situé sur l'équateur du Trou Noir et un point situé sur une ligne de force dans le même plan, est de l'ordre de :

$$\varphi = 2\pi(R_{LF} - R_{TN})$$

Cela se manifeste, au niveau du plan de rotation, par une distorsion de chaque ligne de force proportionnelle à cette différence de phase. Cet effet est cumulatif, au cours des rotation du TNKR, Aussi lorsque le déphasage cumulé est tel que :

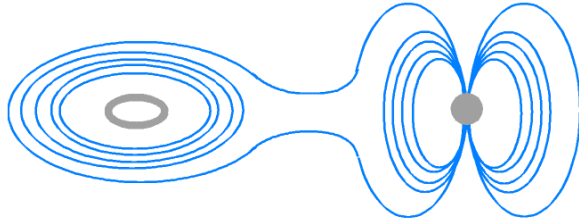
$$\varphi \geq 2\pi R_{LF}$$



soit une rotation relative complète, alors on a recombinaison de chaque ligne de force initiale sous forme de deux lignes de forces résultantes dans le plan de rotation. Les "fragments" de ligne de force axi-polaires initiales subissent une recombinaison eux aussi. Le processus se poursuit alors indéfiniment et le résultat final est l'obtention d'un champ magnétique torique dans le plan de rotation du TNKR. Ce qui est tout à fait équivalent à un Tokamak, même s'il n'est pas obtenu de la même manière que celle qui est utilisée par les physiciens pour aboutir un jour à l'énergie de fusion. L'intensité de ce champ magnétique est susceptible, par effet synchrotron, de transporter hors du TNKR les particules chargées (Protons et électrons) et de les accumuler, sous forme d'un plasma ionisé

dans le tore magnétique Ce dernier est alors auto-entretenu par ces particules. Il faut remarquer que la gravitation n'a aucun effet direct connu sur le champ magnétique et, d'autre part, qu'à l'échelle atomique la gravitation est une force faible devant les forces électromagnétiques.

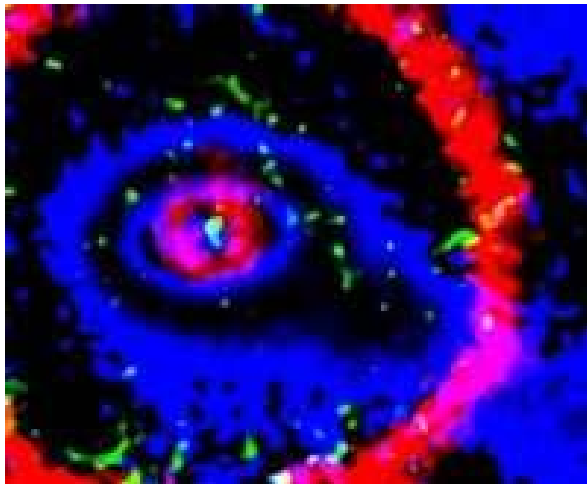
Champ Magnétique torique associé à un champ magnétique dipolaire



Il peut arriver que, l'environnement magnétique d'un **TNKR** soit influencé par le champ magnétique, d'un objet tel qu'un **Trou noir**, un **magnétar**, ou une **étoile à neutrons**.

Selon les cas, ces champs associés peuvent être toriques ou dipolaires.

La recombinaison, dans l'espace intermédiaire, des lignes de forces permet de créer un champ magnétique collimaté. Cette propriété est une condition indispensable à la formation des **jets axi-planaires** du type de celui qui a été mis en évidence, **par ailleurs**, dans la galaxie **M 87**. On a vu que du fait de son invariance de masse, le **TNKR** est susceptible d'éjecter, selon son plan de rotation, de la matière. Mais celle-ci ne peut être constituée que de neutrons, lesquels bombardent le tore de plasma, avec toutes les conséquences physiques qui en découlent. Si la température du plasma est **inférieure à 1 MeV**, les processus nucléaires, ainsi mis en jeu, permettent aux particules de se recombinaison et l'on aboutit à la **Nucléosynthèse permanente**.



Les Observations:

L'image du noyau de la galaxie M 87 obtenue par traitement informatique de la photographie faite par l'ESO au VLT est peut-être une bonne indication que les hypothèses envisagées ici correspondent à la réalité. Notons que l'étalement du tore de plasma est à l'image de l'étalement normal des lignes de force dans le plan de rotation du Trou Noir de Kerr.

Mécanismes d'accrétion. Autres Hypothèses.

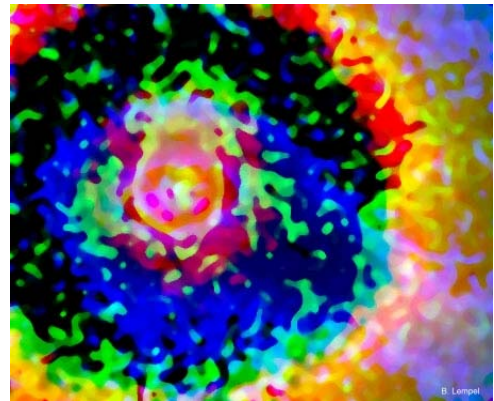
Un **TNKR** est un objet dont la masse est de quelques masses solaires. A sa naissance on peut envisager deux cas.

- S'il est né dans un environnement pauvre en matière. Le **TNKR** restera ce qu'il est pour une durée indéterminée.
- Par contre s'il est né dans une région riche en matière, gaz et étoiles, alors un mécanisme d'accrétion de matière est amorcé vers le **TNKR**. Mais du fait de l'invariance de masse de ce dernier, autant de matière est éjectée. Cette accrétion/éjection accroît la masse globale du système. Donc de plus en plus de matière est accrétée. Et de plus en plus de masse est éjectée. Nous assistons donc à un

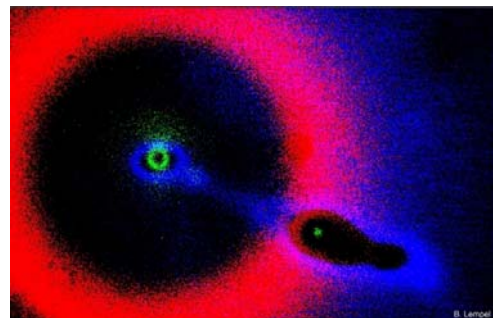
véritable phénomène d'**avalanche auto-entretenu**. C'est un phénomène de type systémique à rétroaction positive. Une fois amorcé, ce mécanisme ne peut plus s'arrêter. La seule limitation est la quantité globale de matière disponible. C'est ce mécanisme qui permet le recyclage de la matière, il est donc temporellement sans fin. Une question extrêmement simple apparaît alors: Où est l'essentiel de la masse du **TNKR** ?

1. **Uniquement dans le trou noir torique ?**
2. **Dans la matière en accrétion ?**
3. **Dans la matière en éjection ?**
4. **Dans le tore de plasma ?**

La réponse est simple. La masse est répartie dans l'ensemble des éléments cités. Les proportions sont surprenantes. L'essentiel de la masse, à plus de 99 %, est répartie entre la matière en accrétion et la matière en éjection. Le **TNKR** n'est que l'amorce du **phénomène d'avalanche auto-entretenu**. Dès le phénomène amorcé, si l'on supprimait le Trou noir, le phénomène continuerait quand même, car la masse isolée du trou noir est vite négligeable devant la masse de la matière accrétée/éjectée.



C'est peut-être ainsi que se forment les galaxies. D'ailleurs rien ne permet d'affirmer que le trou noir initiateur du phénomène n'est pas éjecté de sa position centrale et que ce ne serait pas lui qui orbite autour de la matière en accrétion... Ou encore serait piégée dans un jet à haute énergie issu du noyau de la galaxie, ainsi que le montre la vue générale traitée de M 87, ci-contre.



Conclusions:

- Le magnétisme est susceptible de générer des "moustaches" autour d'un Trou Noir.
- Le magnétisme permet l'éjection de la matière chargée. Le bilan des masses est loin d'être négligeable !
- L'inertie, sous sa manifestation de force centrifuge, permet l'éjection de la matière neutre hors d'un Trou Noir.
- Les Trous Noirs hyper massifs sont des systèmes auto régulés. Si de la matière est accrétée, alors la même quantité de matière est éjectée.
- Les Trous Noirs sont des systèmes en interaction avec leur environnement. On ne peut pas les considérer comme des objets isolés.
- Les **TNKR** des noyaux de galaxies sont des **Systèmes à avalanche auto-entretenu**.
- Les **TNKR** sont des **usines à recycler la matière**. Ils assurent la **nucléosynthèse permanente**

ANNEXES

	Objet	Intensité en Gauss
Intensités de quelques Champs Magnétiques connus.	Terre	0,6
	Aimant permanent commun	100
	Permanent le plus intense (Laboratoire)	10^5
	Impulsionnel le plus intense (Laboratoire)	10^7
	Le plus intense dans une étoile ordinaire	10^6
	Typique dans un pulsar radio	10^{12}
	Typique dans un Magnétar	10^{15}
	Trou Noir de Kerr	$\geq 10^{20} ?$

Pour en savoir plus:	<p><u>M 87, Un Os dans le Modèle</u></p> <p><u>M 87, Un Os dans le Trou Noir</u></p> <p><u>Gradients de luminosités dans le cœur de M87</u> (B. Lempel)</p> <p><u>Cinématique dans le Cœur de M 87 - V02</u> (B. Lempel)</p>
-----------------------------	---

Autres documents:	<p><u>Geometry Around Black Holes.</u> (Une très belle présentation théorique des modèles de trous noirs)</p> <p><u>Kerr's rotating Black Holes.</u> (La théorie du trou noir de Kerr)</p> <p><u>Quasars; a supermassive rotating toroidal black hole interpretation</u> R.J. Spivey (Un modèle Toroïdal de Trou Noir de Kerr vraisemblable, mais incomplet du point de vue du magnétisme)</p> <p><u>Interplanetary Magnetic Field (IMF)</u> (On s'intéressera surtout à la distorsions du champ magnétique liée à la rotation solaire.)</p> <p><u>"Magnetars", Soft Gamma Repeaters & Very Strong Magnetic Fields</u> (Robert Duncan)</p>
--------------------------	--