A propos des arguments de Rössler

Introduction

Rössler affirme, en s'appuyant sur sa réinterprétation de la métrique de Schwarzschild, que les trous noirs n'émettent pas le rayonnement prédit par Hawking et sont donc éternels. De ce fait, s'ils étaient produits dans le LHC, ils deviendraient très dangereux car si au lieu de s'amenuiser par rayonnement ils étaient impérissables, ils auraient le temps d'engloutir peu à peu la matière environnante.

Dans ce qui suit, nous allons résumer et analyser son argumentation. Nous allons voir que

– son raisonnement relève uniquement de la théorie de la relativité générale (RG) et n'a aucun lien logique avec la physique du LHC ;
– son raisonnement n'est pas valide ;
– son raisonnement n'est pas cohérent.

La réfutation ci-dessous se base sur des arguments indépendants de ceux de Giddings et Mangano dans leur récent article `arXiv:0806.3381[hep-ph]`. Il convient donc de considérer ce qui suit comme un complément de leur rapport.

Mise en contexte

Nous reprenons ci-dessous le raisonnement mathématique de Rössler en adoptant une notation plus compacte.

La métrique externe de Schwarzschild s'écrit ($r > 2m$)

$$g = -c^2(1 - \frac{2m}{r})\mathrm{d}t^2 + \underbrace{\frac{\mathrm{d}r2}{1 - \frac{2m}{m}} + r^2(\mathrm{d}\theta^2 + \sin^2\theta \mathrm{d}\varphi^2)}_{h} \ . \tag{1}$$

où h représente la composante spatiale. La métrique h définit la géométrie induite dans les hyperplans du genre espace avec $t =$ constante.

Un rayon lumineux correspond à une géodésique du genre temps dans la géométrie de Schwarzschild définie par la métrique du genre espace g. Cette dernière étant statique (elle possède un champ de Killing orthogonal à l'hyperplan, représenté ici par $\partial/\partial(ct)$), le théorème connu suivant s'applique : les rayons lumineux sont déterminés sans ambiguïté par leur projection spatiale (c.-à-d. sur toute surface telle que $t =$ const.) et constituent à leur tour des géodésiques, mais en fait pour la cas de la *métrique optique* (ou *de Fermat*). Cette métrique est donnée par la composante spatiale de la métrique de Schwarzschild, divisée par le carré de la norme du champ de vecteurs statique de Killing et donc par

$$\gamma = h/(1 - 2m/r) \, . \tag{2}$$

Pour prendre un exemple, avec cette métrique optique, la « distance optique » entre deux points radialement séparés r_u (up) et r_d (down) est donnée par

$$\int_{r_d}^{r_u} \frac{\mathrm{d}r}{(1-\frac{2m}{r})} . \tag{3}$$

Par contre, la distance mesurée avec h s'écrit

$$\int_{r_d}^{r_u} \frac{\mathrm{d}r}{\sqrt{1-\frac{2m}{r}}} . \tag{4}$$

La première intégrale diverge quand r_d tend vers $2m$. La « distance optique » jusqu'à l'horizon $r = 2m$ pour tout point extérieur est donc infiniment grande. Nous soulignons que cette métrique est la *composante spatiale* d'une *métrique de genre temps après redimensionnement conforme par un facteur* $1/(1-2m/r)$, qui toutefois ne satisfait pas les équations d'Einstein et n'a de surcroît aucune pertinence physique. Comme d'un point de vue conforme elle est équivalente à la métrique physique g, elle produit des résultats identiques pour les lignes d'univers de la lumière et les temps de vol retardés dans les champs gravitationnels (effet Shapiro). Cependant, elle aboutit à des résultats totalement erronés dans le calcul des géodésiques du genre temps (par exemple pour les trajectoires des corps célestes) en contredisant clairement des résultats expérimentaux bien établis.

La « nouvelle idée » de Rössler

Cette constatation mathématique relative à la métrique optique n'est nullement disputée. Pourtant, bien qu'elle soit bien connue des spécialistes depuis fort longtemps, Rössler la présente comme une idée nouvelle. Il s'agit d'un outil usuel, au sens d'un *artifice de calcul*, utilisé par ex. dans la théorie des lentilles gravitationnelles. Essentiellement, la nouveauté chez Rössler consiste à élever cette constatation au rang de nouveau principe de physique en affirmant : *la distance optique est en fait égale à la distance géométrique réelle*[1]. Il justifie ce principe en affirmant que la vitesse de la lumière, quand elle est définie *par rapport à la distance optique*, a partout la même valeur c, justification qu'il apparente à la proposition à première vue similaire de Max Abraham, dans le cadre d'un débat avec Einstein en 1912, mais qui en fait était basée sur des hypothèses différentes et qui est devenue obsolète[2].

Dans cette « géométrie optique », les corps proches de l'horizon du trou noir deviennent arbitrairement grands et il n'est plus possible de comprendre le trou noir lui-même comme un objet localisable d'extension finie.

1. Nous ne discuterons pas ici du fait que le mot « réel » est potentiellement dénué de sens.
2. Proposition obsolète parce qu'elle se rapportait à l'hypothèse d'une théorie *scalaire* (spin =0) du champ gravitationnel dans le cadre de la théorie de la relativité *restreinte*. On sait aujourd'hui que cette théorie, si elle existe d'un point de vue mathématique, conduit à des prédictions erronées, telles que l'absence de déflexion de la lumière dans les champs gravitationnels et une précession *rétrograde* du périhélie de seulement 1/6 de la valeur d'Einstein.

On trouve une analogie dans la physique enseignée au lycée en optique géométrique des milieux dispersifs. Le milieu se caractérise par un indice de réfraction $n(\vec{x})$ dépendant de la position et défini par le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide c à sa vitesse de phase locale, variable v_p : $n = c/v_p$. Dans ce cas également, on peut définir une nouvelle géométrie « optique » dans l'espace à travers la distance mesurée $\mathrm{d}s_{\text{optique}} = n\,\mathrm{d}s_{\text{euclidienne}}$. Ceci correspond à son tour à un redimensionnement conforme de la métrique, cette fois par un facteur n^2. Par définition, la vitesse de la lumière correspondant à la nouvelle mesure de la distance est toujours égale à c. Selon le principe de Fermat, les rayons lumineux sont les géodésiques de la métrique optique. Dans ce point de vue, la déflexion de la lumière dans un milieu dispersif n'est plus une conséquence d'une variation locale de la vitesse de la lumière, mais de l'écart à une géométrie euclidienne. On peut de la sorte déterminer la propagation spatiale des rayons lumineux à l'aide d'un artifice de calcul analogue en attribuant à l'espace une métrique optique fictive et en déterminant les géodésiques par rapport à cette métrique. Cependant nul ne songerait à attribuer à cette « géométrie optique » un rôle quelconque autre que celui d'un artifice de calcul.

Sur la base de la réinterprétation de Rössler, son argumentation quant à l'absence d'un rayonnement de Hawking dans l'espace-temps de Schwarzschild (1) se réduit à cette simple affirmation : un objet infiniment lointain ne peut pas rayonner.

Incohérences

Si pour un instant nous considérons tout ceci sérieusement, nous nous trouvons immédiatement confrontés aux questions suivantes :

1. Comment un objet situé à une distance *infinie* (et par ailleurs infiniment grand) peut-il être créé dans un temps *fini* et avoir un effet sur nous ? Rössler ne devrait-il pas plutôt conclure que les trous noirs ne peuvent tout simplement pas être créés ? Et que penser dans ce cas des observations d'astronomie présentant la signature de trous noirs, par exemple au centre de notre galaxie ?
2. Les rayons cosmiques qui constamment bombardent notre atmosphère atteignent des énergies (y compris après transformation dans le système du centre de masse) supérieures de plusieurs ordres de grandeur à celles du LHC. Cependant nous n'avons nul indice qu'ils produisent des trous noirs — pourquoi en est-il ainsi ? Une réponse possible pourrait être que sur terre nous ne sommes pas dans le système du centre de masse du rayonnement cosmique. Un trou noir produit par un rayon cosmique traverserait la Terre à grande vitesse et n'aurait donc pas le temps de causer des dommages. Cela demande toutefois que le trou noir soit un *objet localisable dans l'espace* et dont nous serions plus ou moins éloigné. Cependant, dans l'interprétation de Rössler ce ne peut précisément pas être le cas puisque le trou noir se trouve toujours à une distance infinie de nous. En conséquence, la réponse qui a un sens dans le cadre de l'interprétation usuelle, n'en a plus dans celle de Rössler.

Résumé

Il est bien connu et incontesté que la métrique optique constitue un élément structurel de la RG avec le rôle d'un artifice de calcul particulièrement fructueux pour le calcul des trajectoires des rayons lumineux dans l'espace. Pareillement, on peut même s'en servir pour le calcul effectif de certaines propriétés des mouvements des corps massifs (par ex. le calcul de la force centrifuge). Toutefois, il est clairement erroné et c'est un non-sens d'affirmer comme le fait Rössler, qu'elle fournirait le seul cadre géométrique pour considérer tout processus physique. Par exemple, elle conduirait à prédire des orbites des planètes fortement incorrectes. Les raisonnements de Rössler s'appuient donc sur une généralisation non seulement infondée de l'optique géométrique mais de plus réfutable. On ne peut dès lors être surpris qu'au-delà de cette affirmation ad hoc il n'arrive pas à formuler une connexion logique et reproductible entre la géométrie optique et le rayonnement de Hawking. En outre, une telle connexion devrait respecter les principes de base de la RG, tels que l'invariance des lois physiques vis-à-vis du choix des coordonnées locales : la prédiction du rayonnement par un trou noir ne dépend pas d'une représentation particulière de la distance spatiale dans la géométrie de l'espace-temps déterminée par la solution de Schwarzschild.

En outre, comme nous l'avons démontré plus haut, le raisonnement de Rössler n'est même pas cohérent.

Domenico Giulini
Hermann Nicolai