

## ESPACE-TEMPS: ET SI ON GÉNÉRAIT UN CHAMP GRAVITATIONNEL ARTIFICIEL EN LABORATOIRE ?

Publié le 8 janvier 2016

$$\partial_u^2 \ell + \frac{1}{u} \partial_u \ell + \frac{\ell^2}{L^2} \partial_r^2 \ell = \frac{\ell}{L^2} \frac{e^\ell}{u^2} \left( (\partial_u e d + \partial_u e)^2 + \frac{\ell^2}{L^2} (\partial_r e d + \partial_r e)^2 \right) \quad (I)$$

$$\partial_u^2 a - \frac{1}{u} \partial_u a + \frac{\ell^2}{L^2} \partial_r^2 a = - \left( (\partial_u e d + \partial_u e) \partial_u \ell + \frac{\ell^2}{L^2} (\partial_r e d + \partial_r e) \partial_r \ell \right) \quad (II)$$

$$\partial_u^2 \lambda + \frac{1}{u} \partial_u \lambda + \frac{\ell^2}{L^2} \partial_r^2 \lambda = \frac{\ell}{L^2} \frac{e^\ell}{u^2} \left( (\partial_u e d + \partial_u e)^2 - \frac{\ell^2}{L^2} (\partial_r e d + \partial_r e)^2 \right) - \frac{\ell^2}{L^2} (\partial_r \ell)^2 \quad (III)$$

Générer des champs gravitationnels à volonté: de la science-fiction? Pas pour le physicien André Füzfa, professeur à l'Université de Namur. Le chercheur du [Laboratoire des systèmes complexes](#) (« Naxys ») propose une méthode théorique pour créer de tels champs sur Terre... avec des moyens technologiques à notre portée.

"D'une certaine façon, étudier la gravité est une activité contemplative », indique le chercheur ([dans la revue "Physical Review D"](#)). « La gravité est étudiée sur des masses "tests" comme la Terre, le Soleil, ou tout objet astronomique suffisamment massif pour déformer l'espace-temps dans son entourage. « Les physiciens se limitant donc à étudier ces sources naturelles de gravitation », note-t-il. Il propose aujourd'hui de générer en laboratoire un tel champ gravitationnel. Comment?

## Les aimants supraconducteurs comme outils de travail

Le principe d'équivalence d'Einstein lié à la Relativité générale postule que "toute forme d'énergie produit de la gravitation ». Ce qu'on maîtrise le mieux, aujourd'hui, c'est la production de champs magnétiques intenses et continus. Par exemple dans des laboratoires comme le CERN ou encore ITER, dans le sud de la France.



Pr André Füzfa,  
Université de Namur.

Au CERN, d'imposants électroaimants guident les paquets de protons tournoyant quasi à la vitesse de la lumière dans le LHC : le Grand collisionneur de hadrons. Au projet ITER, le champ magnétique énorme qui y sera produit maintiendra quasi en lévitation le plasma du réacteur de fusion nucléaire actuellement en construction.

Pour mener leurs expériences, ces laboratoires utilisent des électro-aimants supraconducteurs de forte intensité. L'idée avancée par le Pr Füzfa aujourd'hui est simple. Il s'agit de générer un champ magnétique suffisamment puissant afin d'observer si la lumière est déviée par le champ gravitationnel produit.

## Le photon comme « mouchard »

Le photon, la particule de lumière, n'a pas de charge électrique. Il ne subit donc pas l'influence directe du champ magnétique. En clair, dans l'expérience qu'il propose, la déviation du photon sert de preuve à l'existence, ou non, d'un champ gravitationnel.

Les recherches du Pr Füzfa visent à démontrer à partir de quel seuil de puissance et de durée l'expérience en question pourrait livrer un résultat. « J'ai conclu qu'il fallait un champ magnétique d'une intensité d'environ 20 teslas et d'une durée continue de 200 jours pour obtenir une

détection de l'effet gravitationnel », indique-t-il. Une conclusion théorique rendue possible grâce à la contribution du [centre de calcul intensif](#) de l'Université.

## Au CERN, le LHC fonctionne à 8,2 telsas

Notons cependant qu'un champ magnétique de 20 teslas, c'est gigantesque! Le champ magnétique terrestre, celui qui dévie l'aiguille de la boussole, n'affiche qu'une intensité d'à peine cinq... dix-millièmes de tesla (0,0005 t) ! Au CERN, [les aimants supraconducteurs du LHC ne génèrent « que » des champs magnétiques d'une intensité de 8,2 teslas...](#)

Toutefois, la recherche et la technologie progressent dans ce domaine. [Aux Pays-Bas, on vise désormais la production d'un champ magnétique continu de l'ordre de 45 teslas...](#)

La technologie pour tester la proposition d'André Füzfa existe donc. Mais elle relève de deux domaines distincts de la physique. Rapprocher ces deux types d'outils ne sera pas simple.

## Même un échec serait un succès

« Pour générer le champ gravitationnel, il est nécessaire de disposer des outils du type de ceux utilisés par certains laboratoires comme le CERN ou ITER. Pour la détection d'une variation de la courbure de l'espace-temps, il faudra avoir recours aux grands interféromètres optiques, développés pour la détection des ondes gravitationnelles », explique le physicien namurois.

Ici aussi, les défis à relever ne sont pas minces. La physique des particules s'intéresse à l'infiniment petit. Celle des ondes gravitationnelles concerne des distances quasi cosmiques. Les projets spatiaux en cours, comme [la mission de l'Agence spatiale européenne Lisa-Pathfinder](#), en attestent.

« Avec l'expérience théorique que je propose, le principe d'équivalence serait testé d'une façon proactive et inédite », reprend le chercheur. « Même en cas d'échec, ce serait un succès. N'oublions pas qu'il s'agit d'une expérience de physique conventionnelle. Si l'expérience est menée et correctement tentée, mais que nous n'obtenons pas le résultat prévu, ce serait le signe qu'il nous faut alors développer une physique au-delà d'Einstein et de Maxwell (le père de l'électromagnétisme) ».

## Devenir acteur de la gravitation

L'expérience - théorique - proposée consiste donc à piéger des rayons lumineux suffisamment longtemps dans un champ magnétique et d'observer leurs déviations induites par le champ gravitationnel.

Toute une série de tests pourrait être menée en marge de cette expérience. « Si nous coupons le champ magnétique, pourrions-nous détecter l'évanouissement de la courbure d'espace-temps artificiellement générée », s'interroge André Füzfa?

Au lieu d'être spectateurs de la gravité, terrestre, solaire, donnée et préexistante, les scientifiques deviendraient acteurs et créateurs de champs gravitationnels. « Nous aurions un contrôle complet sur l'expérience », s'enthousiasme le physicien.

## Communiquer par ondes gravitationnelles

À plus long terme, ces recherches pourraient déboucher sur des applications séduisantes. Notamment en matière de communication. « Actuellement, nous envoyons constamment des informations codées via des champs électromagnétiques », dit-il encore.

« Nous pourrions parfaitement imaginer de coder ces informations dans un champ magnétique qui imprimera à son tour la trame de l'espace-temps et produira des ondes gravitationnelles. L'un des avantages de cette méthode, c'est que ces ondes ne sont pas absorbées par la matière ».

Le projet de communiquer par ondes gravitationnelles a été pensé dans les années '60 et intéressait particulièrement les militaires en pleine guerre froide. Cela permettrait de communiquer à l'autre bout de la Terre beaucoup plus facilement.

Séduisante sur le papier, l'idée demande encore à être testée. « Et ici aussi, ce qui sera difficile, c'est que l'expérience demande le rapprochement de deux communautés scientifiques distinctes. Celle qui travaille avec les aimants supraconducteurs et celle qui utilise les interféromètres optiques », indique le physicien namurois. Et il conclut: « toutefois, le plus gros défi sera d'abord de réunir les

fonds nécessaires à une telle expérience ! Par contre, les études de faisabilité préliminaires peuvent déjà commencer. Elles ne nécessitent que des ressources humaines »...

Quelques équations tirées du travail d'André Füzfa

$$\partial_{\mu}^2 \ell + \frac{1}{u} \partial_{\mu} \ell + \frac{\ell^2}{L^2} \partial_{r\nu}^2 \ell = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{L^2}{\ell^2} \frac{e^{\ell}}{u^2} \left( (\partial_{\mu} a_{\nu} + \partial_{\nu} a_{\mu})^2 + \frac{\ell^2}{L^2} (\partial_{r\nu} a_{\mu} + \partial_{r\mu} a_{\nu})^2 \right) \quad (I)$$

$$\partial_{\mu}^2 a - \frac{1}{u} \partial_{\mu} a + \frac{\ell^2}{L^2} \partial_{r\nu}^2 a = - \left( (\partial_{\mu} a_{\nu} + \partial_{\nu} a_{\mu}) \partial_{\mu} \ell + \frac{\ell^2}{L^2} (\partial_{r\nu} a_{\mu} + \partial_{r\mu} a_{\nu}) \partial_{r\nu} \ell \right) \quad (II)$$

$$\partial_{\mu}^2 \lambda + \frac{1}{u} \partial_{\mu} \lambda + \frac{\ell^2}{L^2} \partial_{r\nu}^2 \lambda = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{L^2}{\ell^2} \frac{e^{\ell}}{u^2} \left( (\partial_{\mu} a_{\nu} + \partial_{\nu} a_{\mu})^2 - \frac{\ell^2}{L^2} (\partial_{r\nu} a_{\mu} + \partial_{r\mu} a_{\nu})^2 \right) - \frac{\ell^2}{L^2} (\partial_{r\nu} \ell)^2 \quad (III)$$

[Cliquer pour agrandir](#)

La photo en tête de cet article, que nous reproduisons ici par facilité pour le lecteur, représente quelques équations. Elles sont tirées des notes d'André Füzfa, préliminaires à la publication de son article scientifique. Pour les spécialistes, voici ce qu'elles signifient: « Elles dictent comment l'espace-temps est courbé par le champ magnétique produit par le courant électrique d'un électro-aimant. Les équations I et III sont des équations d'Einstein de la gravitation donnant la forme de l'espace-temps. L'équation II est une équation de Maxwell de l'électromagnétisme qui décrit ce que vaut le champ magnétique dans un espace courbé (par lui-même donc) », précise le chercheur.

[L'article complet est archivé sur arxiv.org.](#)