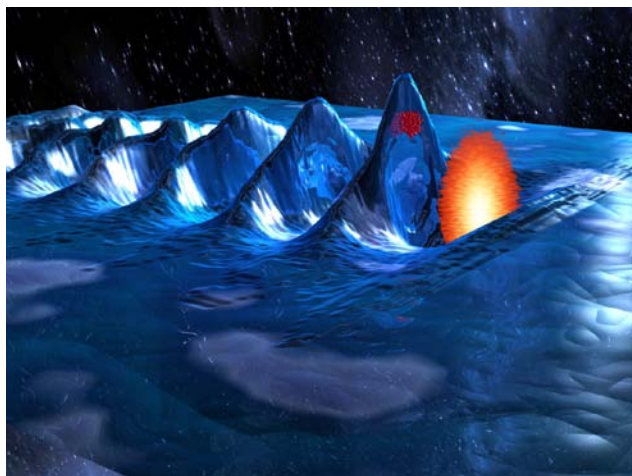


## 46 **PHYSIQUE** Produire des rayons X et $\gamma$ sur une table

*Kim Ta Phuoc, Cédric Thauray et Sébastien Corde*

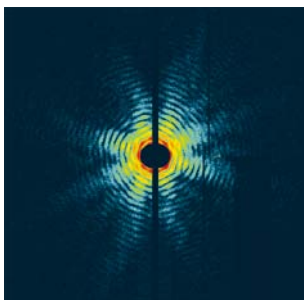
Grâce à des ondes de sillage créées par des impulsions laser ultrabrèves qui traversent un gaz, les chercheurs mettent au point des sources compactes et puissantes de rayons X ou gamma.



## 54 **PHYSIQUE** Le plus puissant faisceau de rayons X

*Nora Berrah et Philip Bucksbaum*

Le grand accélérateur linéaire de l'Université Stanford a été converti en laser à électrons libres. Il a ainsi donné naissance à la plus intense source de rayons X du monde.



## 62 **TECHNOLOGIE** Décupler nos sens

*Gershon Dublon et Joseph Paradiso*

Aujourd'hui, nous vivons déjà dans un monde truffé de capteurs. Demain, de nouveaux dispositifs matériels et logiciels nous connecteront à ce déluge de données. Pour une perception augmentée ?

## Rendez-vous

### 70 **Histoire des sciences**

**Madame Picardet,  
traductrice scientifique  
ou cosmétique des Lumières ?**

*Patrice Bret*

Au XVIII<sup>e</sup> siècle à Dijon, une femme acquit une réputation internationale en traduisant des écrits de chimistes et minéralogistes européens.

### 76 **Logique & calcul**

**Une seule intelligence ?**

*Jean-Paul Delahaye*

Fabriquer de l'intelligence est un défi que l'informatique veut relever. Quand elle réussit, c'est toujours de manière limitée et en évitant d'aborder de front l'intelligence humaine.

### 82 **Science & fiction**

**Les cyborgs sont parmi nous !**

*J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq*

### 84 **Art & science**

**Mondrian et les arbres**

*Loïc Mangin*

### 86 **Idées de physique**

**Batailles de toupies**

*Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik*

### 89 **Question aux experts**

**Peut-on échapper  
à la pollution en ville ?**

*Isabelle Coll*

### 91 **Science & gastronomie**

**Aubergines en osmose**

*Hervé This*

### 92 **À lire**

### 96 **Bloc-notes**

**Les chroniques de Didier Nordon**

## Aussi en numérique !

**POUR LA  
SCIENCE.fr**

**Archives**  
depuis 1996



**Application**  
Smartphone et Tablette



Suivez-nous sur les réseaux sociaux



# Actualités

Physique

## Un rayonnement de Hawking en laboratoire

*Il est possible de créer dans un fluide des « trous noirs acoustiques ». Ils émettraient eux aussi un analogue du rayonnement de Hawking, ce faible flux de particules qui émane des trous noirs.*



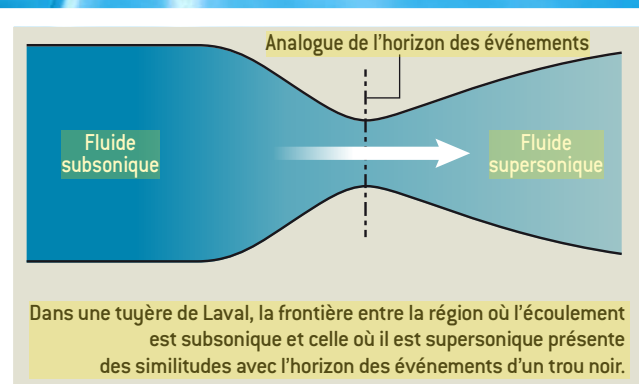
En 1974, Stephen Hawking a montré qu'un trou noir, astre si compact que même la lumière ne peut s'en échapper, n'est pas totalement noir : il émet un rayonnement ténu. Il paraît impossible d'observer le rayonnement de Hawking, trop faible pour être distingué du rayonnement du fond diffus cosmologique, vestige du Big Bang. Cependant, pour étudier les trous noirs, les physiciens ont développé une approche alternative qui repose sur les similitudes entre les équations qui décrivent les trous noirs et celles qui gouvernent les ondes acoustiques dans un fluide. Jeff Steinhauer, du Technion en Israël, a étudié un fluide d'atomes ultrafroids dans des conditions particulières, et a mis en évidence l'équivalent du rayonnement de Hawking dans ce système.

Un trou noir présente une frontière, nommée horizon des événements. Un objet qui le franchit en tombant vers le centre du

trou noir ne peut plus s'échapper, car la vitesse requise pour se libérer du champ gravitationnel est supérieure à celle de la lumière.

S. Hawking s'était intéressé à ce qui se passe à l'échelle microscopique à proximité de l'horizon. D'après la mécanique quantique, des paires particule-antiparticule naissent spontanément dans le vide et s'annihilent très vite sans laisser de trace. Mais S. Hawking avait montré qu'à proximité de l'horizon, la paire peut être séparée : l'une des particules tombe dans le trou noir tandis que l'autre s'échappe. Pour un observateur éloigné, le trou noir semble émettre des particules et perd donc de la masse : il « s'évapore ».

Pour un trou noir de masse stellaire, cette évaporation est lente et le rayonnement est trop faible pour être détecté. Et il n'est évidemment pas possible de créer un trou noir en laboratoire. Mais les physiciens ont trouvé une alternative intéressante : les trous



noirs acoustiques. La propagation du son dans un fluide présente parfois des points communs avec celle de la lumière près d'un trou noir. Considérons par exemple une tuyère de fusée, un cylindre dont le diamètre diminue puis augmente à la sortie (une tuyère de Laval, voir la figure). Dans le resserrement se produit un effet Venturi : le fluide accélère et atteint des vitesses supersoniques dans la partie évasée – les molécules se déplacent plus vite que des ondes acoustiques dans le milieu. Ainsi, si on émet des ondes acoustiques à contre-courant dans la partie où le fluide est supersonique, elles sont emportées par le courant et ne peuvent jamais remonter la tuyère jusqu'au bout.

C'est l'équivalent acoustique d'un horizon des événements.

L'analogie se retrouve jusque dans les équations qui décrivent la lumière autour d'un trou noir et les ondes acoustiques dans le fluide. Les physiciens ont alors supposé que les trous noirs acoustiques émettent aussi un rayonnement de Hawking, c'est-à-dire des ondes acoustiques, près de l'horizon. Cependant, les expériences réalisées jusqu'ici n'avaient pas réussi à mettre en évidence ce rayonnement.

J. Steinhauer a trouvé une solution pour amplifier le signal. Il a refroidi un ensemble d'atomes de rubidium à quelques nanokelvins pour former un condensat de Bose-Einstein, un fluide ayant un

## Climatologie

### L'anomalie du Karakorum en partie expliquée

Si la plupart des glaciers de l'Himalaya ont perdu de leur masse, le massif du Karakorum fait exception. Sarah Kapnick, de l'Université Princeton, et ses collègues ont identifié les raisons de cette anomalie. Étienne Berthier, glaciologue au Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales, nous explique ces résultats récents.

comportement quantique collectif. Lorsque ce condensat est traversé par un faisceau laser, les atomes touchés atteignent une vitesse supersonique.

Comme dans les dispositifs précédents, les ondes acoustiques émises depuis l'horizon sont, en principe, trop faibles pour être mesurées. Cependant, le système a en réalité deux horizons, ce qui est aussi le cas pour les trous noirs en rotation, dits de Kerr. Le laser crée un puits de potentiel dans le condensat, où les atomes sont accélérés. Les ondes acoustiques formées dans ce puits sont piégées entre les deux bords du puits, qui jouent le rôle d'horizons. Elles sont réfléchies d'un bord à l'autre et sont ainsi amplifiées, un peu comme les photons qui font des va-et-vient entre les miroirs d'un laser (ce qui amplifie son rayonnement). Certaines ondes parviennent cependant à s'échapper au niveau d'un des horizons, de façon analogue à ce qui se passe avec une paire particule-antiparticule dans un trou noir stellaire. Le rayonnement de Hawking devient alors mesurable.

Il n'est pas encore possible de vérifier que ces ondes présentent toutes les caractéristiques du rayonnement de Hawking prévues par la théorie, mais la piste est prometteuse. Ce genre de dispositif permettrait même d'étudier des analogues acoustiques de l'intrication quantique, situation où deux particules forment un système aux propriétés indissociables même lorsqu'elles sont très éloignées (comme une paire particule-antiparticule dont l'une des composantes s'éloigne du trou noir tandis que l'autre reste piégée).

**Sean Bailly**

*Nature Physics*, en ligne le 12 octobre 2014

#### Pourquoi parle-t-on d'« anomalie du Karakorum » ?

**Étienne Berthier :** Le massif du Karakorum est situé à la frontière entre le Pakistan, l'Inde et la Chine. Il recèle de nombreux glaciers couvrant une surface de 20 000 kilomètres carrés. Diverses observations réalisées sur le terrain ou par satellites ont montré que cet ensemble de glaciers est stable ou a gagné légèrement en masse ces dernières années, contrairement aux autres glaciers de la chaîne himalayenne, d'où l'« anomalie ».

#### Pourquoi la mise en évidence de cette anomalie a-t-elle défrayé la chronique en 2012 ?

**É. B. :** L'existence d'une région du globe où les glaciers ne perdent pas de la masse a beaucoup fait couler d'encre et les climato-sceptiques ont rapidement instrumentalisé cette observation pour nier l'existence d'un réchauffement planétaire. Évidemment, une observation locale ne vient pas en contradiction avec un phénomène global, mais il était urgent que les climatologues s'emparent de cette question et apportent des éléments d'explication sur les glaciers du Karakorum.

#### Les spécialistes avaient-ils des pistes pour expliquer l'évolution du Karakorum ?

**É. B. :** Il y avait plusieurs pistes. Par exemple, le comportement saisonnier des précipitations diffère dans



le Karakorum et dans les autres régions himalayennes. Par ailleurs, la haute altitude moyenne des glaciers du Karakorum peut aussi jouer un rôle. En effet, cette région



**É. Berthier est chargé de recherche au LEGOS, CNRS.**

est très accidentée, avec quatre sommets à plus de 8 000 mètres, dont le K2, et de nombreux pics à plus de 7 000 mètres. On a aussi évoqué un accroissement possible des précipitations depuis 1979.

#### Que montrent les récentes simulations ?

**É. B. :** S. Kapnick et ses collaborateurs ont comparé trois régions himalayennes (Karakorum, l'Himalaya central et l'Himalaya oriental). Ils ont montré que les conditions météorologiques diffèrent entre ces régions. Bien que les altitudes soient comparables,

la position du Karakorum au Nord-Ouest des montagnes himalayennes fait que la température hivernale y est nettement plus basse que dans les autres régions. Cela explique que les précipitations, surtout hivernales, restent sous forme de neige même si la température augmente. Dans les autres massifs, l'essentiel de l'accumulation de neige se produit en été, au moment de la mousson. La température y est alors proche de 0 °C ; il y a donc une grande sensibilité au réchauffement climatique : la pluie remplace la neige et les glaciers perdent de la masse.

#### Ces simulations suffisent-elles pour expliquer l'anomalie ?

**É. B. :** C'est un premier pas, l'une des avancées étant l'utilisation d'un modèle régional de climat qui, avec sa maille de 50 kilomètres, permet de rendre compte des grands traits de la topographie, chahutée dans cette région. La prochaine étape consistera à l'associer avec un modèle de glacier pour obtenir un bilan quantitatif d'évolution des régions glaciaires.

**S. B.**

*S. Kapnick et al., Nature Geoscience*, en ligne, 12 octobre 2014