

POUR LA SCIENCE



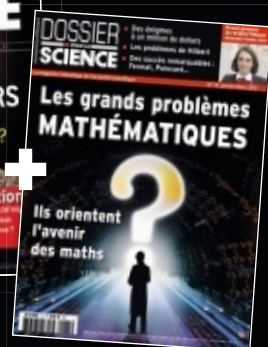
+ En cadeau le CD *Einstein et les révolutions quantiques*

De la relativité à la physique quantique, Alain Aspect - physicien français et membre de l'académie des Sciences- raconte deux révolutions scientifiques majeures qui continuent de bouleverser notre vision du monde.

CD audio de 75 minutes - Collection « L'Académie raconte les sciences » édité par De Vive Voix - Mars 2012 – Valeur : 9,90 €.



Pour la Science
12 n^{os}/an



Dossier Pour la Science
4 n^{os}/an

**POUR LA
SCIENCE**

À retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe non affranchie à : Service Abonnements Pour la Science • Libre réponse 90382 • 75281 Paris cedex 06

- 1** ☐ **Oui, je m'abonne à *Pour la Science + Dossier Pour la Science* au prix de 19€/trimestre ou 76€ pour 1 an.**
En cadeau, je reçois ***le CD Einstein et les révolutions quantiques***. Je bénéficie également des versions numériques sur www.pourlascience.fr

- ## ② J'indique mes coordonnées :

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : Ville : Pays : Tél. (facultatif) :

Je souhaite recevoir la newsletter *Pour la Science* à l'adresse e-mail suivante (à remplir en majuscule) :

[illegible]

- ### ③ Je choisis mon mode de règlement :

☐ Je règle en douceur **19€/trimestre***. Je remplis la grille d'autorisation de prélèvement ci-dessous en joignant impérativement 1 RIB.

*Valable en France métropolitaine uniquement.

Autorisation de prélèvement automatique. J'autorise l'établissement teneur de mon compte à prélever le montant des avis de prélèvements trimestriels présentés par *Pour la Science*. Je vous demande de faire apparaître mes prélèvements sur mes relevés de compte habituels. Je m'adresserai directement à *Pour la Science* pour tout ce qui concerne le fonctionnement de mon abonnement.

Titulaire du compte à débiter

Nom, Prénom : _____

N° : _____ Rue : _____

CP : Ville : **Compte à débiter**

Établissement	Code guichet	N° de compte	Clé RIB

Établissement teneur du compte à débiter

Établissement : _____

N° : _____ Rue : _____

CP: Ville:

Date et signature (obligatoire)

Organisme créancier

Pour la Science

N° national d'émetteur : 426900

- ☐
- Je préfère régler mon abonnement en une seule fois
- 76 €**
- (+ frais de port en sus pour l'étranger : Europe 16 € - autres pays 35 €)

- ☐
- par chèque à l'ordre de Pour la Science

- ☐ par carte bancaire

N°: _____

Expire fin : Clé (les 3 chiffres au dos de votre CB) :

Signature obligatoire :

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-contre sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès du groupe *Pour la Science*. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'organismes partenaires. En cas de refus de votre part, merci de cocher la case ci-contre. ☐

PLS416. Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 30.06.12.

Physique

Michael Moyer

L'ESPACE ? est-il discret ?

Un dispositif en construction près de Chicago, l'holomètre, tentera de mettre en évidence la nature discrète de l'espace-temps à l'échelle fondamentale. Si l'expérience est couronnée de succès, les lois de la physique seraient à réécrire.



L'ESSENTIEL

✓ À l'échelle fondamentale, l'espace n'est peut-être pas continu. Il pourrait être formé de petits morceaux discrets, portant chacun un bit d'information.

✓ La nature discrète de l'espace-temps pourrait se traduire à l'échelle macroscopique par un nouveau type d'incertitude quantique sur les mesures de position, nommée bruit holographique.

✓ Un dispositif surnommé holomètre vise à mesurer ce tressaillement de l'espace-temps à l'échelle fondamentale.

✓ Un succès appuierait le principe holographique, selon lequel notre univers tridimensionnel émerge de l'information encodée sur des surfaces bidimensionnelles.

Le monde est-il flou ? Ce n'est pas une métaphore. Pour Craig Hogan, physicien des particules à l'Université de Chicago et directeur du Centre d'astroparticules du Fermilab, dans l'Illinois, si nous parvenions à observer les plus petites subdivisions de l'espace et du temps, nous découvririons un univers en perpétuelle effervescence, un incessant bourdonnement de fluctuations. Cette agitation n'est pas celle de particules qui apparaissent et disparaissent, ni d'autres types de « mousses quantiques » imaginés jusqu'ici. Ce bruit serait la marque d'un espace discontinu qui, au lieu d'être une toile de fond bien lisse à la danse des particules, serait au contraire constitué de petits morceaux irréductibles : un univers discret.

À la plus petite échelle possible, l'échelle de Planck (10^{-35} mètre), les deux piliers de la physique du XX^e siècle, la théorie quantique et la relativité générale, semblent irréconciliables. C'est à cette même échelle que des physiciens ont développé depuis quelques décennies une description de l'Univers en termes d'information, c'est-à-dire de bits – des 0 et des 1. Selon cette théorie dite holographique, c'est l'information, et non pas la matière et l'énergie, qui constitue l'essence même de l'Univers. De cette information émerge le cosmos.

C. Hogan a entrepris de tester si la nature discrète de l'espace est une réalité. Il a ainsi conçu une expérience pour explorer l'agitation intrinsèque de l'espace aux échelles les plus fondamentales.

Son dispositif, surnommé holomètre, met en jeu un interféromètre extrêmement précis installé sur le campus du Fermilab. Il tient dans un simple bunker et un tube épais comme le poing, où voyageront des faisceaux laser, court sur 40 mètres entre le bunker et une remise.

Il n'est pas certain que cette expérience livre des résultats satisfaisants. C'est une plongée dans l'inconnu, dont la modestie de moyens tranche avec ceux de la physique des particules actuelle.

Les scientifiques ont développé dans les années 1960 et 1970 un édifice théorique nommé aujourd'hui modèle standard de la physique des particules. Au cours des décennies suivantes, des expériences l'ont testé toujours plus en détail. Les théoriciens proposent une idée, par exemple le boson de Higgs, qui se concrétise en un modèle ; le modèle livre des prédictions, et

Vautin

l'expérience les contredit ou les confirme. La théorie précède l'expérience.

Si ce schéma existe, c'est pour une bonne raison : les expériences de physique des particules coûtent horriblement cher. Le LHC, ou Grand collisionneur de hadrons du CERN, près de Genève, a coûté des milliards d'euros et son exploitation occupe des milliers de physiciens du monde entier. C'est la machine la plus complexe jamais construite. Les scientifiques se demandent si la prochaine génération de collisionneurs de particules (avec des énergies, des dimensions et des coûts plus élevés) ne sera pas simplement trop coûteuse pour l'humanité.

Au Fermilab, l'équipe rassemblée par C. Hogan comprend une vingtaine de membres, dont des conseillers qui ne participent pas aux travaux au jour le jour sur le site. C. Hogan est à l'origine un physicien théoricien, peu habitué aux caprices des pompes à vide et des lasers à solides. C'est pourquoi il a nommé responsable Aaron Chou, un expérimentateur du Fermilab. En 2011, le projet a

reçu un financement de deux millions de dollars, à peine le prix d'un seul des aimants supraconducteurs du LHC !

Une version moderne de l'expérience de Michelson et Morley

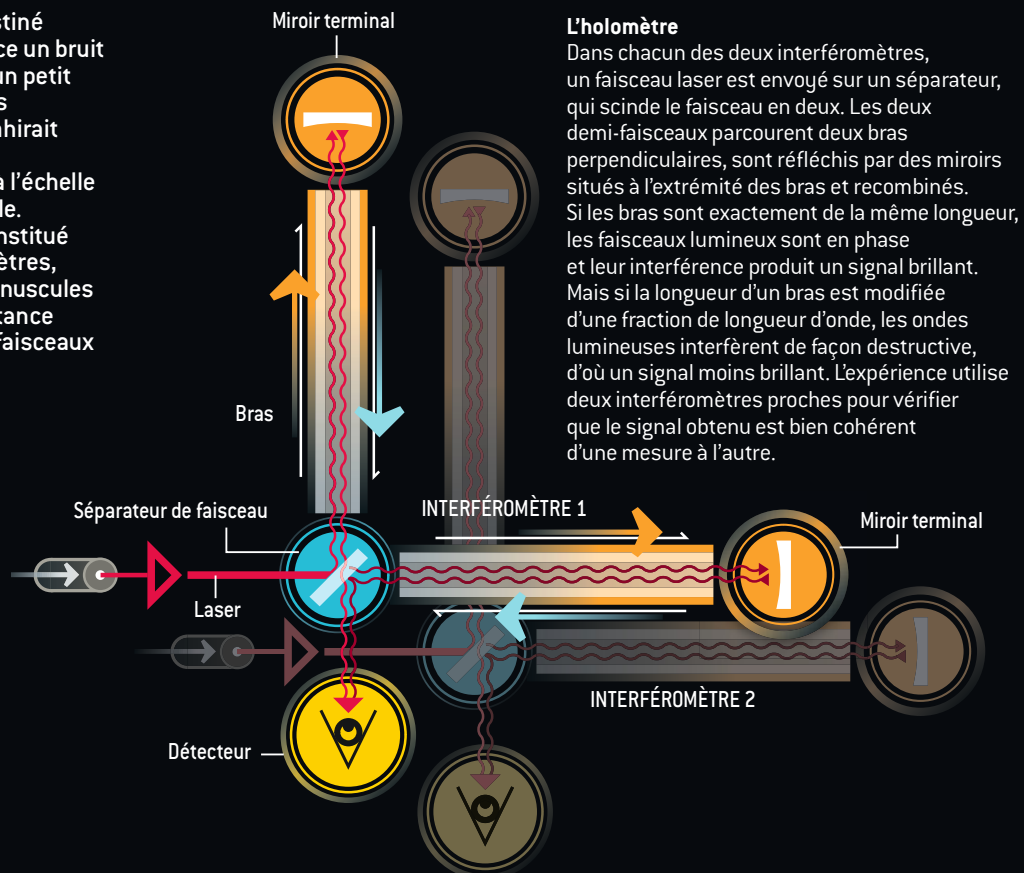
Si l'holomètre est si bon marché, c'est que, pour l'essentiel, il s'agit d'une version moderne de la célèbre expérience de Michelson et Morley, qui a détruit la vision qu'on avait de l'espace et du temps à la fin du XIX^e siècle. Les physiciens savaient alors que la lumière se comporte comme une onde. Or, depuis les vaguelettes à la surface d'une mare jusqu'au son qui se propage dans l'air, toutes les ondes semblaient partager certaines caractéristiques. En particulier, elles avaient toujours besoin d'un substrat physique pour assurer leur propagation. La lumière étant une onde, il devait exister un milieu de propagation, une substance invisible qui baignait l'Univers : les scientifiques l'appelaient l'éther.

En 1887, Albert Michelson et Edward Morley mettent au point une expérience destinée à mettre en évidence l'éther. La lumière d'une source se propage sur toute la longueur de deux bras perpendiculaires, est réfléchi par des miroirs placés à leurs extrémités, et se recombine au point de départ. Si le temps de parcours diffère d'un bras à l'autre, ne serait-ce que d'une fraction de microseconde, des interférences destructives se produisent et la lumière recombinaison est moins brillante. Michelson et Morley ont scruté les interférences lumineuses de leur dispositif durant plusieurs mois. Selon la direction du mouvement de la Terre autour du Soleil, le mouvement relatif par rapport à l'éther devait modifier le temps de trajet de la lumière dans l'un ou l'autre bras.

Mais l'expérience n'a rien mesuré de tel et imposa la conclusion que la lumière se propage à la même vitesse, quelle que soit la direction et quel que soit le mouvement de la source ou de l'observateur. Quelques années plus tard, Einstein s'empara de cette idée fondamentale pour

UN MICROSCOPE POUR ACCÉDER À LA LONGUEUR DE PLANCK

L'holomètre est destiné à mettre en évidence un bruit dit holographique, un petit tressaillement dans les positions qui trahirait la nature discrète de l'espace-temps à l'échelle la plus fondamentale. Le dispositif est constitué de deux interféromètres, qui détectent de minuscules variations de la distance parcourue par des faisceaux laser.



L'holomètre

Dans chacun des deux interféromètres, un faisceau laser est envoyé sur un séparateur, qui scinde le faisceau en deux. Les deux demi-faisceaux parcourent deux bras perpendiculaires, sont réfléchis par des miroirs situés à l'extrémité des bras et recombinaison. Si les bras sont exactement de la même longueur, les faisceaux lumineux sont en phase et leur interférence produit un signal brillant. Mais si la longueur d'un bras est modifiée d'une fraction de longueur d'onde, les ondes lumineuses interfèrent de façon destructive, d'où un signal moins brillant. L'expérience utilise deux interféromètres proches pour vérifier que le signal obtenu est bien cohérent d'une mesure à l'autre.