

Canaux trieurs

Dans les laboratoires sur puces, destinés à effectuer des réactions chimiques ou biologiques sur de toutes petites surfaces, il est difficile de transporter et de séparer les réactifs et les produits liquides ou solides. Des chercheurs de l'hôpital du Massachusetts à Boston ont conçu des canaux, dans lesquels circulent les réactifs, dont la géométrie permet de rassembler facilement des particules et de les séparer du liquide. Les particules en suspension dans le liquide s'alignent dans le flux laminaire. La forme sinusoïdale des canaux permet d'amplifier ce phénomène, afin que les particules se trouvent pratiquement à la queue leu leu. Outre les laboratoires sur puce, ces dispositifs pourraient être utilisés pour des systèmes de filtration.

D. Di Carlo et al., *PNAS*, 10.1073 / 0704958104

45 INTEL devrait commercialiser fin 2007 une nouvelle génération de processeurs pour la microélectronique grand public. La finesse de gravure s'est encore améliorée : 45 nanomètres, contre 65 pour la génération précédente. Cette miniaturisation a nécessité de modifier la couche d'oxyde située au-dessus du silicium. Celle-ci, épaisse de 1,2 nanomètre, n'était plus assez isolante. Les fabricants de puces ont donc dû mettre au point des isolants plus performants. IBM allié à AMD devrait aussi mettre sur le marché des processeurs gravés à 45 nanomètres en 2008.

www.intel.com

Bouchons dans les réseaux

Comment évaluer la robustesse des réseaux, par exemple d'Internet ? En modélisant ce qui se passe lorsqu'une quantité croissante de nœuds (notamment d'ordinateurs connectés) sont défaillants. On s'aperçoit que, même avec 60 % de défaillances, le réseau fonctionne : on peut toujours relier deux nœuds pris au hasard. Mais des physiciens de Los Alamos ont montré qu'il faut aussi prendre en compte le temps nécessaire pour aller d'un nœud à un autre. Plus il y a d'ordinateurs en panne, plus ce temps est long, et plus le risque de congestion du réseau augmente.

E. Lopez et al., *Phys. Rev. Lett.*, 99, 188701, 2007.

Étudier le magnétisme du cerveau

INSTRUMENTATION MÉDICALE

Des magnétomètres minuscules et fonctionnant à température ambiante pourraient révolutionner l'étude du cerveau. À condition de progresser en sensibilité.

Les médecins et les géophysiciens aimeraient pouvoir mesurer facilement des champs magnétiques très faibles. Mais aujourd'hui les capteurs les plus sensibles, appelés Squids, restent encombrants et coûteux. En effet, leur fonctionnement repose sur des aimants supraconducteurs, qui doivent être maintenus à basse température dans de l'hélium liquide. C'est pourquoi les physiciens tentent de développer des magnétomètres plus simples. Une équipe dirigée par John Kitching, à l'université de Colorado, vient de construire un magnétomètre « atomique » fonctionnant à température ambiante et capable de mesurer des champs de 70 femtoeslas, un milliard de fois plus faibles que le champ magnétique terrestre [1]. Cette sensibilité n'égale pas encore celle des Squids, qui atteint 1 femtoesla, mais s'en rapproche fortement.

Les deux techniques sont très différentes. Dans un Squid, le champ magnétique émis par l'objet étudié perturbe le courant électrique circulant dans un anneau supraconducteur. C'est cette modification électrique que l'on mesure. Le magnétomètre « atomique » utilise des atomes alcalins en phase gazeuse, qui possèdent un moment magnétique (spin). Une lumière polarisée provoque l'alignement des spins dans sa direction de propagation. En présence d'un champ

magnétique, les spins des atomes sont désorientés et le gaz absorbe alors une partie de la lumière, proportionnellement à l'intensité du champ. « L'équipe

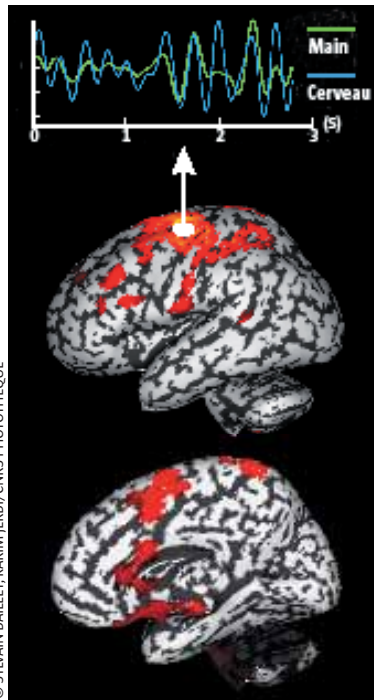
toencéphalographie (MEG), une méthode d'analyse des champs magnétiques émis par le cerveau. Cette technique est

complémentaire de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, plus précise spatialement, mais dont la résolution temporelle est au mieux de une seconde, contre moins d'une milliseconde pour la MEG. Actuellement un appareil de MEG à Squid coûte près de 1,5 million d'euros, et consomme chaque semaine une centaine de litres d'hélium pour un coût approchant le millier d'euros. D'où l'intérêt des magnétomètres atomiques à température ambiante. Cependant, leur sensibilité reste insuffisante pour cet usage : « Il faudrait un niveau de bruit inférieur à 10 femtoeslas », affirme Sylvain Baillet, du laboratoire Neurosciences cognitives et imagerie cérébrale à Paris.

En attendant, n'oublions pas leurs autres applications. « Les magnétomètres atomiques sont dix à cent fois plus précis que ceux embarqués actuellement dans les satellites pour faire la cartographie des champs magnétiques rayonnés par les planètes », observe Claude Fermon, du Commissariat à l'énergie atomique. Ils pourront également servir à la cartographie magnétique terrestre, par exemple pour la détection de pièces métalliques en archéologie, ou la recherche de pétrole. » ■

Cécile Michaut

[1] V. Shah et al., *Nature Photonics*, 1, 649, 2007.



CERTAINES ZONES DU CERVEAU s'activent lorsqu'on bouge la main (ici pour déplacer une souris). Elles sont révélées par la magnétoencéphalographie, qui permet de détecter de très faibles champs magnétiques émis par le cerveau.

de J. Kitching a réussi à miniaturiser ces magnétomètres jusqu'à 1 millimètre, et à en diminuer le niveau de bruit, précise Jacques Pernier, directeur de recherches à l'Inserm de Lyon. De plus, il nécessite un seul laser, qui sert à la fois à aligner les spins des atomes et à mesurer leur rotation. En revanche, il est moins sensible que les magnétomètres atomiques mis au point par l'équipe de Mickael Romalis à Princeton. Ceux-ci, plus encombrants, utilisent deux lasers. »

Objectif de toutes ces recherches : démocratiser la magné-

Yannick De Wilde : « Un tout petit émetteur-récepteur à infrarouge »

NANOTECHNOLOGIES

Une antenne capable de concentrer la lumière infrarouge a été associée à un laser de 1 millimètre de long, très compact.

À quoi sert une antenne?

YANNICK DE WILDE : C'est un dispositif à double sens. En réception, elle capte des ondes et les concentre dans un volume beaucoup plus petit que la longueur d'onde. En émission, elle amplifie la puissance rayonnée par une source qui lui est reliée, tout en contrôlant la direction d'émission des ondes. Les antennes doivent avoir une taille comparable à celle de la longueur d'onde des ondes concernées : dans le cas des ondes radio, elle est de l'ordre du mètre, mais pour l'infrarouge elle ne doit pas dépasser quelques micromètres. On parle alors de « nanoantenne ». La première

a été fabriquée il y a deux ans. Mais une équipe des universités du Massachusetts et de Californie vient d'en augmenter l'intérêt, en couplant cette antenne dipolaire (en forme d'aile de papillon) avec un laser dit à « cascade quantique » [1]. Ces lasers sont très compacts : celui-ci mesure 1 millimètre de long sur 20 micromètres de large, et il émet du rayonnement infrarouge à 7 micromètres. L'antenne est placée juste en sortie du laser.

Quel est le rôle de ce dispositif?

L'antenne amplifie le rayonnement électromagnétique qu'elle reçoit, mais surtout, elle le concentre sur une zone très réduite, large de 70 nanomètres, située entre les deux « ailes » de l'antenne. L'intérêt principal de cet objet est sa compacité : auparavant, on savait fabriquer de petites antennes mais on utilisait de gros lasers externes. Ici, le laser et l'antenne sont intégrés sur le même dispositif.



YANNICK DE WILDE est chargé de recherche à l'École supérieure de physique et chimie industrielles à Paris. © DR

Quelles sont ses applications?

La principale semble être la microscopie : on pourrait remplacer la pointe d'un microscope à force atomique par une telle nano-antenne combinée à un laser à cascade quantique. On disposerait en quelque sorte d'une « nanolampe de poche » éclairant précisément la surface d'un échantillon, par exemple la membrane d'une cellule ou d'un virus. La plupart des molécules absorbent certaines fréquences du rayon-

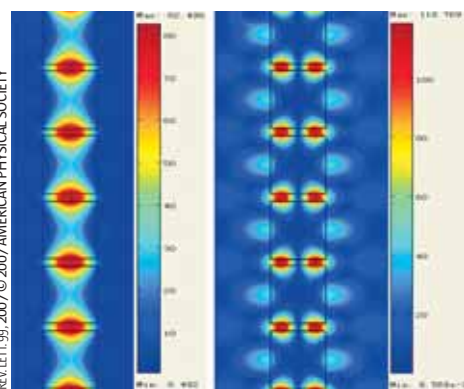
nement infrarouge, chacune ayant une « signature » spécifique. En balayant l'échantillon, on identifierait ces molécules et leur localisation. Mais ce dispositif pourrait aussi être utilisé en microélectronique : comme l'antenne focalise le rayonnement sur une toute petite surface, elle peut être utilisée pour la gravure de circuits de taille nanométrique. ■

Propos recueillis par C. M.

[1] N. Yu et al., *Appl. Phys. Lett.*, 91, 173113, 2007.

Sons disciplinés

Il y a quelques années, les spécialistes de l'optique avaient inventé des surfaces capables de stimuler la transmission des ondes électromagnétiques à travers de minuscules trous. Aujourd'hui, les acousticiens s'en inspirent pour fabriquer des surfaces favorisant la transmission d'ondes sonores et leur focalisation après le passage à travers la surface. En effet, lorsque la surface est percée de trous espacés régulièrement, et que la distance séparant les trous est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, les interactions entre l'onde et la surface renforcent la transmission. Sur cette image, on observe la pression acoustique à travers la surface, lorsque la longueur d'onde est égale à 1,09 fois la distance



entre les trous. Les dispositifs de focalisation acoustiques réalisés grâce à cet effet pourraient améliorer la précision de l'échographie, notamment médicale.

M.-H. Lu et al., *Phys. Rev. Lett.*, 99, 174301, 2007 ; « Des rayures disciplinent les photons », *La Recherche*, septembre 2002, p. 8.

LIVRES

Robert Temple
LE GÉNIE DE LA CHINE
Éditions Philippe Picquier,
2007, 288 p., 29 €.

Que devons-nous à la Chine ? Trois mille ans de découvertes et d'inventions, racontées dans ce beau livre richement illustré, réédition d'un succès mondial de librairie. En fin d'ouvrage, une chronologie montre le décalage entre les découvertes chinoises et leur arrivée ou leur adoption par l'Occident.

AGENDA

[Le 17 janvier]
HYDROGÈNE, SOURCE

D'ÉNERGIE : MYTHE OU RÉALITÉ ?

Café-débat dans le cadre des rencontres du café des techniques.
Paris, CNAM.
01 53 01 82 70

[Le 24 janvier] LES CENTRALES NUCLÉAIRES DE DEMAIN

Conférence dans le cadre du cycle « Qu'en savez-vous vraiment ? », en partenariat avec La

Recherche.
Paris, CNAM.
01 53 01 82 70

[Jusqu'au 17 février] COULEURS, LES PROMESSES DE LA CHROMOLITHOGRAPHIE

Cette exposition dévoile le procédé d'impression en couleurs le plus répandu au XIX^e siècle.
Lyon, musée de l'Imprimerie.
04 78 37 65 98

WEB

<http://tinyurl.com/29l6al>

Le système européen de navigation par satellite Galileo pourrait enfin voir le jour. L'Europe débloquera les 2,4 milliards d'euros supplémentaires nécessaires. L'occasion d'aller faire un tour sur les pages de la Commission européenne consacrées à Galileo.