www.cnrs.fr

COMMUNIQUÉ DE PRESSE NATIONAL I PARIS I 07 MARS 2012

Attention, communiqué de presse sous embargo jusqu'au mercredi 7 mars, 19h

Première mesure de l'énergie minimum nécessaire pour inscrire un bit informatique

Dans un ordinateur, l'écriture ou l'effacement d'un bit d'information nécessite forcément de dépenser une énergie dont la plus petite valeur possible est donnée par le principe de Landauer. Cette importante prédiction physique qui fait le lien entre la théorie de l'information et la thermodynamique vient pour la première fois d'être vérifiée expérimentalement par des chercheurs du Laboratoire de physique de l'Ecole normale supérieure de Lyon (CNRS/ENS de Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1), en collaboration avec un groupe allemand de l'Université de Augsburg. Leurs travaux sont publiés dans la revue *Nature* du 8 mars 2012.

Peut-on imaginer mettre au point un ordinateur parfait capable d'effectuer des opérations logiques sans consommer aucune énergie ? A cette question, Rolf Landauer a répondu non en 1961. Le physicien américain avait en effet remarqué qu'à chaque fois qu'un bit d'information est créé, la mémoire binaire de l'ordinateur se voit réduite à un seul de ses deux états possibles. Faisant le lien avec la thermodynamique, Landauer a proposé que cette diminution du désordre exige pour être réalisée une quantité minimale d'énergie dont la valeur est aujourd'hui connue sous le nom de limite de Landauer[1]. Vérifiée par des simulations numériques, cette énergie extrêmement faible (un milliard de fois plus petite que l'énergie nécessaire pour réchauffer d'un degré un micron cube d'eau) n'avait encore jamais été mesurée expérimentalement.

Dans l'expérience des chercheurs, c'est une bille en silice de 2 microns qui a joué le rôle du bit d'information. Plongée dans un liquide, la particule a été immobilisée par le faisceau extrêmement focalisé d'un laser, un instrument appelé "pince optique" couramment utilisé par les physiciens ou les biologistes. Pour leur expérience qui exige une très grande précision, les chercheurs ont conçu et construit eux-mêmes le dispositif de manière à le rendre totalement stable et insensible aux perturbations extérieures. Un deuxième piège optique identique a ensuite été focalisé juste à côté du premier. La bille microscopique peut ainsi occuper indifféremment deux positions possibles, tout comme un bit d'information peut prendre la valeur 0 ou 1. Les chercheurs ont ensuite créé un petit écoulement dans le liquide, de la droite vers la gauche, obligeant la particule à finir sa course dans le piège de gauche. Comme si on imposait au bit de prendre la valeur 1 par exemple.
Répété un très grand nombre de fois, ce cycle a été filmé par une caméra rapide à plus de 1 000 images par seconde. Connaissant avec précision la position de la particule, la vitesse d'écoulement du fluide ainsi

[1] Elle correspond à $kT\ln(2)$ où k est la constante de Boltzmann et T la température et vaut environ 10^{-21} Joules à température ambiante.

que sa viscosité, les chercheurs ont pu ainsi mesurer l'énergie moyenne nécessaire pour faire passer la bille du piège de droite vers le piège de gauche. Et ils ont alors remarqué que pour des vitesses d'écoulement très lentes, cette énergie était minimale et correspondait précisément à la limite de Landauer.

Si en informatique, le résultat n'offre pas de perspectives immédiates, nos ordinateurs étant encore très loin de fonctionner à la limite de Landauer, les nanotechnologies en revanche pourraient en bénéficier dans un futur proche. L'énergie dépensée par un système nanométrique est en effet comparable à celle mesurée par les chercheurs. Un paramètre important à prendre en compte si l'on veut mettre au point des machines miniatures capables de travailler avec une grande efficacité.

Bibliographie

"Experimental verification of Landauer's principle linking information and thermodynamics". A. Bérut, A. Arakelyan, A.Petrosyan, S. Ciliberto, R.Dillenschneider, E.Lutz, dans la revue *Nature* du 8 mars 2012

Contacts

Chercheurs CNRS I Sergio Ciliberto I **T 04 72 72 81 43** I sergio.ciliberto@ens-lyon.fr
Artyom Petrosyan I **T 04 72 72 86 49** I artyom.petrosyan@ens-lyon.fr

Presse CNRS I Muriel Ilous I **T 01 44 96 43 09** I muriel.ilous@cnrs-dir.fr