Cependant, quand on a réduit toutes les causes identifiées d'échauffement et que l'échauffement mesuré reste supérieur et proche de celui prédit par le principe de Landauer, on ne peut que lui accorder plus de crédit.

L'expérience de 2016 confirme d'autres menées depuis quatre ans et qui toutes appuient le principe limitatif de Landauer.

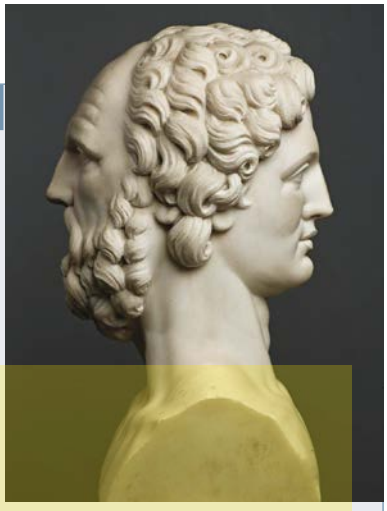
Une microbille de verre et des lasers...

Le principe de Landauer a été testé pour la première fois en 2012 par Eric Lutz, de l'université d'Augsburg, en Allemagne, avec des collègues de l'École normale supérieure de Lyon (Antoine Bérut, Artak Arakelyan, Artyom Petrosyan, Sergio Ciliberto) et de l'université de Kaiserslautern (Raoul Dillenschneider). Leur dispositif, plus éloigné des dispositifs de calculs réels utilisés dans les microprocesseurs de l'expérience de 2016, consistait en une minuscule bille de verre plongée dans un liquide et qu'un faisceau laser piégeait dans un double puits de potentiel. Ce premier test avait été suivi par un autre en 2014 utilisant des particules plus petites. Une autre confirmation dans un cadre quantique a aussi été proposée en 2016 *(voir la bibliographie)*.

Les résultats de ces quatre expériences montrent qu'il est possible d'approcher par des dispositifs adaptés la limite de Landauer, et qu'on pourra donc aussi le faire dans les futurs systèmes de calcul : aucune autre source de dissipation, comparable ou supérieure en taille et qui n'aurait pas été identifiée par les théoriciens, ne vient semble-t-il s'ajouter au coût minimal prévu par le principe de Landauer. Nous savons que nous buterons sur un obstacle presque certain.

Cependant, lorsque nous serons plus proches de la limite de Landauer, nous disposerons d'un autre moyen de calculer plus rapidement sans faire trop chauffer nos puces : le calcul réversible. En effet, si l'on accepte le principe de Landauer, seuls les calculs irréversibles sont intrinsèquement coûteux ; il faut donc s'arranger pour faire des circuits réversibles. Est-ce possible ?

L'idée des calculs logiques réversibles est due au logicien et anthropologue français



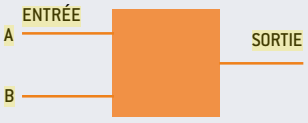
Portes réversibles

La porte logique ET n'est pas réversible, car, si l'on connaît le bit du résultat de (*A* ET *B*), on ne peut pas reconstituer *A* et *B* *(en orange)*. Il en va de même de la porte logique OU *(en vert)*.

Mais en ajoutant deux bits de sortie à la table du ET, on obtient un ET réversible *(en bleu)*. La porte de Fredkin *(en violet)* est cependant plus pratique pour réaliser des circuits réversibles. Elle comporte trois bits en entrée. Le bit supplémentaire est un bit de « contrôle » : s'il vaut 0, les bits *A* et *B* restent identiques en sortie ; s'il vaut 1, les valeurs de *A* et *B* sont, en sortie, échangées.

On sait aujourd'hui concevoir des puces réversibles, ainsi que des langages de programmation ne produisant que des programmes réversibles. L'un des plus anciens est le langage Janus qui doit son nom au dieu romain à deux visages, un pour chaque sens.

Porte ET

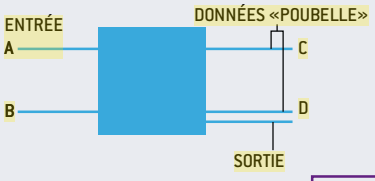


A	B	SORTIE
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Porte OU

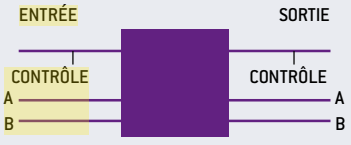
A	B	SORTIE
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Porte ET réversible



			POUBELLE	
A	B	SORTIE	C	D
1	1	1	1	0
1	0	0	1	0
0	1	0	0	1
0	0	0	0	0

Porte de Fredkin



ENTRÉE			SORTIE		
CONTRÔLE	A	B	CONTRÔLE	A	B
1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1
0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0