

Aujourd'hui pour certains problèmes combinatoires particuliers tels que celui de l'affectation des tâches, les chercheurs, notamment Jian-Jun Shu et ses collègues à Singapour, espèrent que les ordinateurs à ADN seront plus efficaces que les ordinateurs classiques. Dans ce problème, on se donne une série de travaux à exécuter et d'agents aux compétences variables selon les tâches auxquels on les affecte (confier la tâche T à l'agent A à un coût C) et l'on cherche à savoir comment assigner une tâche à chaque agent en minimisant le coût total.

Plus surprenant, des algorithmes de multiplication rapide fondés sur des méthodes moléculaires ont aussi été décrits, notamment par Aran Nayebe, de l'université Stanford.

Théorie... et pratique ?

En théorie, la puissance des machines à ADN est énorme. Avec un litre de liquide contenant 5 grammes d'ADN, on disposerait d'une mémoire de plus de 10^{21} octets et d'une puissance de calcul évaluée à environ 10^{17} opérations par seconde, soit 100 pétaflops, ce qui est supérieur aux performances du plus puissant ordinateur actuel, le chinois Tianhe-2, qui ne réalise que 33 pétaflops.

Ce potentiel est cependant délicat à exploiter et aujourd'hui, malgré tous les efforts faits, les ordinateurs à base d'électronique sont bien plus faciles à programmer, calculent mieux et plus vite. On pourra peut-être les surpasser en utilisant des soupes à ADN et il faut continuer à explorer cette voie. Mais ce n'est pas facile, car du côté électronique les progrès sont réguliers et donc les systèmes à ADN luttent contre un concurrent de plus en plus difficile à rattraper !

Notons aussi qu'il n'est pas absurde de penser que, dans le cadre de la physique classique, un modèle de calcul qui résoudrait en temps polynomial les problèmes NP-complets ne peut exister matériellement. Les gains envisageables avec les calculateurs à ADN risquent donc d'être réservés à des problèmes particuliers et ne conduire qu'à des progrès limités, contrairement aux espoirs initiaux. Même les ordinateurs quantiques, d'après le spécialiste Scott Aaronson,

ne pourront pas résoudre en temps polynomial les problèmes NP-complets, qui semblent condamnés à rester hors de portée de tout ce que nous pouvons concevoir comme calculateurs. Ne rêvons pas trop !

Mémoires massives et durables

Récemment, en perfectionnant les méthodes de stockage d'informations par l'ADN, on a cependant réalisé des exploits qui montrent que les mécanismes de stockage de données mis au point par l'évolution du vivant pourraient être utiles et que la manipulation de l'ADN nous donnera sans doute les clés permettant la mémorisation, sur le très long terme, de quantités massives de données.

En effet, lorsqu'on souhaite garder pour des siècles des quantités importantes d'informations, on sait que ni les disques optiques (*Blu-ray* ou autres) ni les mémoires magnétiques (bandes, clés USB à mémoire flash, disques souples ou durs à plateau rotatif, ou disque SSD – *Solid-state drive*) ne sont vraiment fiables. À l'opposé, des expériences réalisées avec de l'information stockée sous forme de séquences d'ADN indiquent que l'on peut s'y fier.

En 2015, Robert Grass et son équipe, de l'École fédérale polytechnique de Zurich, ont inscrit des informations sur de l'ADN placé dans des matériaux inorganiques. Ils ont utilisé des codes correcteurs d'erreurs pour introduire de la redondance dans l'information inscrite et corriger à la lecture les petites dégradations susceptibles de se produire.

Leur expérience a consisté précisément à traduire 83 kilooctets (83 000 caractères) d'informations sur 4 991 segments d'ADN, chacun long de 158 nucléotides, qui ont été encapsulés dans de la silice. Des traitements de vieillissement accéléré ont été appliqués pour mesurer la vitesse de dégradation de l'ADN. L'information originale a été lue sans erreur, même après avoir chauffé la silice à 70° C pendant une semaine, ce qui est thermiquement équivalent au stockage d'informations sur l'ADN pendant 2 000 ans à température ambiante. On en a déduit que des données peuvent être archivées dans l'ADN pendant des millénaires.

D'autres expériences ont été effectuées et l'on s'est amusé à écrire dans de l'ADN des sonnets de Shakespeare, un passage de l'enregistrement du discours « I have a dream » de Martin Luther King et l'article scientifique célèbre de James Watson et Francis Crick sur la structure de l'ADN.

Le coût estimé de ces enregistrements est aujourd'hui de l'ordre de 10 000 euros par mégaoctet (1 million de caractères) pour l'écriture, et de 200 euros par mégaoctet pour la lecture. C'est assez cher, mais cela baisse rapidement avec les progrès des méthodes de synthèse et de séquençage. Nous avons donc de bonnes raisons de croire qu'à court terme, dans une dizaine d'années, nous disposerons de méthodes de stockage de ce type, compétitives et adaptées aux longues durées, qui exploiteront l'ADN ou peut-être d'autres molécules biologiques. L'équipe de Zurich imagine ainsi bientôt stocker le contenu de l'encyclopédie Wikipédia dans une archive à base d'ADN.

Des codes-barres moléculaires

On envisage aussi d'utiliser ces méthodes pour réaliser des codes-barres moléculaires marquant des objets ou des solutions, ce qui aiderait à protéger de la contrefaçon des parfums ou des molécules pharmaceutiques. On mélangerait de très petites quantités de molécules de synthèse où une sorte de signature aurait été inscrite. Un appareillage de lecture donnerait rapidement l'information qu'un produit est authentique ou, à l'inverse, qu'il est contrefait. On pourrait également tracer ainsi la provenance d'armes à feu et pister les trafiquants.

Tout récemment, en juillet 2016, James Bornholt, de l'université de Washington, et des chercheurs de Microsoft ont présenté une méthode d'archivage massif fondée sur l'ADN permettant des accès en lecture relativement rapide pour l'information qui serait ainsi stockée. Une méthode qui atteint un record de 200 mégaoctets d'informations enregistrées.

Les calculs de la capacité de ces technologies montrent qu'elles ont un potentiel supérieur, à moyen terme, à celui des technologies à base de silicium.