

> génome de la bactérie, ils sont parvenus à encoder une série d'images dans l'ADN et à la restituer. Les chercheurs ont ainsi enregistré un extrait de la première séquence d'animation créée en 1878 par le photographe britannique Eadweard Muybridge, qui met en scène un cheval au galop.

ENREGISTRER EN TEMPS RÉEL L'EXPRESSION DES GÈNES

Plus récemment encore, en 2018, des chercheurs du laboratoire de Randall Platt, à l'École polytechnique fédérale de Zurich, en Suisse, ont mené ces approches encore plus loin en ciblant non plus l'ADN, mais l'ARN messager. Cette molécule est un cousin moléculaire clé de l'ADN, intermédiaire indispensable entre les gènes portés par l'ADN et la synthèse des protéines qu'ils codent. Au lieu de stocker des images dans des séquences d'ADN de synthèse, les chercheurs ont utilisé le système CRISPR d'une bactérie pour enregistrer en temps réel les ARN messagers qu'elle produisait, et donc l'expression de ses gènes. L'ensemble de tous les ARN messagers présents dans une cellule à un instant donné permet de savoir quelles protéines sont produites, et ainsi de mieux comprendre le fonctionnement de la cellule étudiée.

Afin d'enregistrer dans le génome d'une cellule les séquences des ARN messagers qu'elle a produits à divers moments, l'équipe de Randall Platt a tout d'abord testé différentes protéines Cas (associées au système CRISPR) issues de nombreuses souches bactériennes distinctes. Elle a ainsi découvert que les protéines Cas1 et Cas2 de la bactérie *Fusicatenibacter saccharivorans* étaient capables de convertir l'ARN messager en ADN et de l'encoder dans sa bibliothèque CRISPR. Les chercheurs ont utilisé ce procédé afin d'enregistrer le comportement d'une cellule à la suite de différents événements: un stress oxydatif, des conditions acides et l'exposition à un herbicide.

Ces résultats sont particulièrement intéressants: ils fournissent la preuve qu'il est possible d'enregistrer dans le génome d'une cellule, à un instant donné, les gènes qu'elle exprime, en vue d'une analyse ultérieure. Le laboratoire de Randall Platt continue d'améliorer cette technique. L'enregistrement en temps réel de l'expression des gènes pourrait s'étendre à d'autres domaines et permettre, par exemple, de suivre les événements qui rendent cancéreuse une cellule ou encore d'observer comment une cellule répond à une infection au cours du temps.

Alors que l'ADN est utilisé pour produire, suivre et stocker de l'information dans des domaines de plus en plus nombreux, on peut se demander s'il a la capacité de rivaliser avec les dispositifs électroniques usuels de stockage et de prendre en charge l'ensemble des

Conservé au sec et au frais, l'ADN résiste des dizaines de milliers d'années

données générées par les humains. Pour l'instant, la réponse est non: disques durs et cartes mémoires sont bien plus adaptés pour conserver des informations que le plus avancé des systèmes génétiques.

En même temps, comme toute technologie, les appareils électroniques conventionnels ont leurs limites. Ils prennent de la place et nécessitent des conditions environnementales particulières. Et même les dispositifs les plus robustes tiennent rarement plus de quelques décennies. À cause de ces obstacles, il deviendra de plus en plus difficile de conserver toutes les données que nous produisons.

Au contraire, l'ADN résiste des dizaines de milliers d'années s'il est conservé dans des environnements frais et secs. Il est aujourd'hui couramment stocké à -20°C , voire à -80°C dans les laboratoires, mais pourrait aussi être conservé sous des chaleurs extrêmes que les appareils électroniques ne supportent pas. En 2015 en effet, Robert Grass et Wendelin Stark, tous deux à l'École polytechnique fédérale de Zurich, ont montré que des molécules d'ADN encapsulées dans des billes de verre résistaient à une température de 70°C pendant une semaine sans qu'aucune erreur n'apparaisse. Et si les disques durs permettent de stocker 19 gigaoctets par centimètre carré, des estimations récentes suggèrent que l'ensemble des informations générées dans le monde tiendraient, en théorie, dans moins de 1 kilogramme d'ADN.

UNE RECHERCHE À ENCADRER

Il reste du chemin à parcourir avant que le stockage sur ADN devienne courant. Le premier obstacle réside dans l'extraction des informations: si elle est presque instantanée à partir d'un disque dur, récupérer des données encodées dans l'ADN requiert du séquençage, ce qui peut prendre de quelques minutes à une journée entière. Et même si les séquenceurs ont connu des avancées considérables ces dernières années, ils restent imposants et chers par rapport aux disques durs.