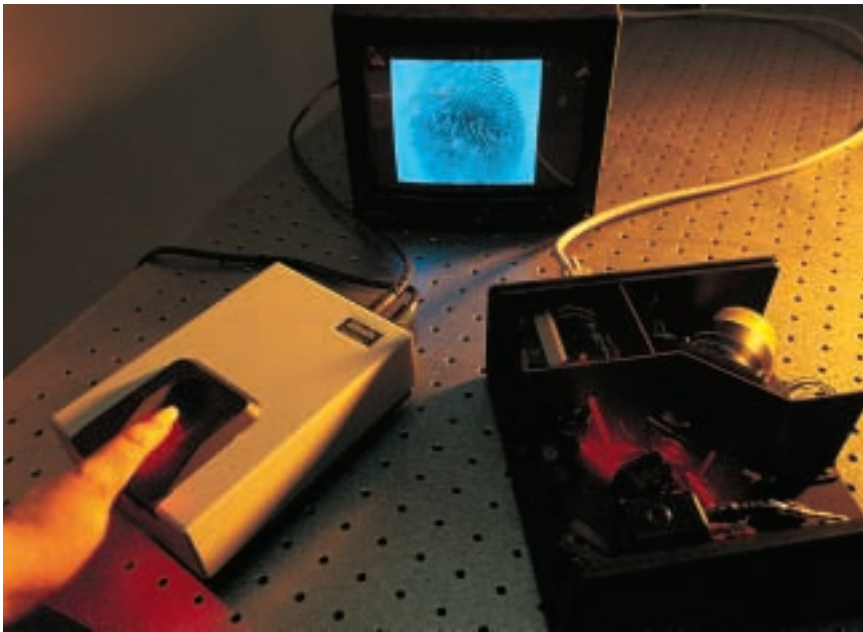




4. CETTE SERRURE HOLOGRAPHIQUE mémorise jusqu'à 1 000 empreintes digitales. Pour entrer dans une pièce, un usager pose son doigt sur une plaque de verre. L'accès est autorisé si son empreinte digitale est reconnue comme identique à l'une des empreintes enregistrées sous la forme d'hologrammes. La Société japonaise *Hamamatsu* met aujourd'hui au point un dispositif de ce genre. Il emploie la mémoire holographique montrée ici qui est fabriquée par la Société *Holoplex*.

vent pouvoir être dirigés à la demande sur un cube quelconque. Dans les disques tridimensionnels, testés depuis 1992, le fonctionnement ressemble à celui des disques compacts classiques, car le support d'enregistrement, en forme de disque, est placé sur un plateau en rotation : un dispositif d'écriture et de lecture à laser, la «tête», est fixé au-dessus du disque. Par rotation du disque et par balayage radial de la tête, on éclaire n'importe quel point du disque. Comme pour tout support holographique, les données sont enregistrées dans tout le volume de la couche d'enregistrement du disque. La tête de lecture comporte un ensemble de détecteurs permettant de lire toute une page de données, ainsi qu'un système de déviation du faisceau, qui assure le multiplexage angulaire. On peut aussi incorporer à la tête un modulateur spatial de lumière (par exemple, l'écran à cristaux liquides utilisé dans les tests en cours), qui imprime la page de données sur le faisceau signal.

Bien que les disques tridimensionnels emmagasinent l'information en trois dimensions, ils sont si minces qu'il n'est pas déplacé de calculer le nombre de bits qui peuvent, en théorie, être enregistrés par micromètre carré de la surface du disque et de comparer cette densité de surface à

celle d'un disque compact. Pour des épaisseurs inférieures à deux millimètres, la densité de surface du disque holographique est approximativement proportionnelle à l'épaisseur du support d'enregistrement. À l'Institut de technologie de Californie, A. Pu a obtenu une densité de dix bits par micromètre carré, pour un disque constitué d'un film polymère de 100 micromètres d'épaisseur (l'épaisseur maximale pour ce genre de matériau). Cette densité est environ dix fois supérieure à celle d'un disque compact classique.

On peut encore augmenter la densité de surface en augmentant l'épaisseur de la couche holographique. Un matériau de un millimètre d'épaisseur permettrait de stocker 100 bits par micromètre carré : le disque tridimensionnel correspondant aurait la taille et le poids d'un disque compact classique, mais contiendrait 100 fois plus d'informations.

La Société *Holoplex*, que nous avons fondée à Pasadena, a fabriqué un système de mémoire à grande vitesse qui pourrait emmagasiner jusqu'à 1 000 empreintes digitales, afin d'équiper des serrures sélectives pour des bâtiments à accès protégé. Bien que sa capacité soit deux fois inférieure à celle d'un disque compact, il lit tout son contenu en une seconde. La Société *Holoplex* met

aujourd'hui au point un autre produit qui stockera jusqu'à 1 000 milliards de bits, soit environ 200 fois ce que peut contenir un disque compact.

Mémoires associatives

En attendant l'avènement commercial de ces «super CD», les mémoires holographiques peuvent être utilisées dans des systèmes spécialisés ultrarapides. Certains d'entre eux pourraient exploiter le caractère associatif du stockage holographique, une propriété décrite pour la première fois en 1969 par Denis Gabor, qui obtint en 1971 le prix Nobel de physique pour son invention de l'hologramme.

À partir d'un hologramme et de l'un des deux faisceaux qui l'a produit, on peut reconstituer l'autre faisceau. Autrement dit, on peut envoyer sur le cristal qui stocke un hologramme une page de données particulière, afin de récupérer le faisceau de référence, reproduit sous la forme d'une onde plane renvoyée par le cristal. Une lentille peut focaliser cette onde en une petite tache dont la position latérale, déterminée par la direction de l'onde, révèle l'identité de l'image d'entrée. Si la page de données, qui est envoyée sur le cristal ne correspond pas à l'un des hologrammes enregistrés, on obtient plusieurs taches, au lieu d'une seule. L'intensité de chaque tache est proportionnelle au degré de ressemblance entre l'image d'entrée et chacune des images enregistrées. Autrement dit, l'ensemble des taches constitue une représentation de l'image d'entrée codée en fonction de sa ressemblance avec la base de données des images en mémoire.

Au début de 1995, A. Pu, Robert Denkewalter et D. Psaltis ont utilisé une mémoire holographique de ce genre pour piloter un petit véhicule dans le bâtiment d'électrotechnique de l'Institut de technologie de Californie. Des images des couloirs et des salles, préalablement enregistrées dans une mémoire holographique reliée à un ordinateur numérique, sur un banc de laboratoire, étaient transmises au véhicule par liaison radio. Le véhicule, inversement, transmettait l'image de son environnement par une caméra de télévision émettant par radio. L'ordinateur comparait les images transmises par la caméra à celles qui étaient contenues dans la

mémoire holographique et, lorsqu'il avait repéré un décor familier, il guidait le véhicule le long d'un des itinéraires définis à l'avance par une série d'images enregistrées en mémoire. Un millier d'images avaient été mémorisées, mais l'expérience a montré que 53 images suffisaient pour piloter le véhicule à travers plusieurs pièces du bâtiment.

Nous construisons aujourd'hui un autre véhicule, que nous espérons équiper d'une mémoire suffisamment grande pour lui permettre de se déplacer de façon autonome n'importe où sur le campus. Même avec une mémoire de cette taille, le fonctionnement en parallèle de la mémoire holographique devrait permettre de rappeler les informations enregistrées assez vite pour que le véhicule suive les rues et évite les obstacles. Un tel système de pilotage est probablement l'une des applications spécialisées dont le succès permettra de généraliser l'utilisation de cette technique. À mesure que le besoin d'enregistrer de grandes quantités d'informations augmentera, l'intérêt de les emmagasiner dans trois dimensions plutôt que dans deux ne pourra que croître.

Demetri PSALTIS est professeur d'électricité à l'Institut de technologie de Californie. Fai MOK est président de la Société *Holoplex*.

David M. PEPPER, Jack FEINBERG et Nicolai V. KUKHTAREV, *L'effet photo-réfractif*, *Pour la Science*, n° 158, décembre 1990.

Demetri PSALTIS, *Parallel Optical Memories*, in *Byte*, vol. 17, n° 9, pp. 179-182, septembre 1992.

Fai H. MOK, *Angle-Multiplexed Storage of 500 Holograms in Lithium Niobate*, in *Optics Letters*, vol. 18, n° 11, pp. 915-917, juin 1993.

Hsin-Yu Sidney LI et Demetri PSALTIS, *Three-Dimensional Holographic Disks*, in *Applied Optics*, vol. 33, n° 17, pp. 3764-3774, 10 juin 1994.

Selected Papers on Holographic Storage, sous la direction de Glenn T. Sincerbox, SPIE Milestone Series, vol. MS 95, SPIE Optical Engineering Press, 1994.

John H. HONG, Ian MCMICHAEL, Talis Y. CHANG, William CHRISTIAN et Eung Gi PAEK, *Volume Holographic Memory Systems: Techniques and Architectures*, in *Optical Engineering*, vol. 34, n° 8, pp. 2193-2203, août 1995.

La loi des gènes

RICHARD DAWKINS

Pourquoi la vie ? Parce qu'elle assure la survie des gènes.

Dans ses nombreux ouvrages sur l'évolution et la sélection naturelle, Richard Dawkins examine la biologie du «point de vue du gène» : les gènes des êtres vivants seraient égoïstes ; ils assureraient leur propre survie en permettant à leurs hôtes – les «machines à survie», comme les nomme R. Dawkins – de vivre assez longtemps pour se reproduire. La complexité de la vie résulterait du combat âpre des gènes pour leur survie ; elle n'aurait aucune finalité cosmique. R. Dawkins explique ici comment la lutte des gènes pour se répliquer pourrait être la clé de quelques-uns des mystères de la vie, tels que : «Comment la vie est-elle apparue?» ou «Pourquoi existons-nous?»

Charles Darwin ne pouvait «imaginer qu'un Dieu bienfaisant et tout-puissant aurait volontairement créé les Ichneumonidés, avec le dessein arrêté d'assurer leur subsistance en parasitant l'intérieur du corps vivant des chenilles». On retrouve ce comportement macabre des Ichneumonidés chez d'autres guêpes,

notamment chez les guêpes fouisseuses étudiées par le naturaliste français Jean Henri Fabre. Ce dernier rapporte qu'avant de déposer son œuf dans une chenille, la guêpe fouisseuse femelle prend soin d'introduire son aiguillon dans chaque ganglion du système nerveux central de sa proie, afin de paralyser l'animal sans

le tuer : ainsi la viande reste fraîche pour les larves à venir. On ignore si la guêpe anesthésie ainsi la chenille ou si son venin, tel du curare, sert seulement à immobiliser la victime. Dans ce dernier cas, la proie peut avoir conscience d'être dévorée vivante de l'intérieur, mais ne peut bouger le moindre muscle pour s'y opposer. Cela paraît d'une cruauté barbare, mais nous verrons que la Nature n'est pas cruelle : elle est simplement d'une indifférence sans pitié. Cette leçon est l'une des plus terribles qui soit pour l'Homme. Nous ne pouvons accepter que la Nature ne soit ni bonne ni mauvaise, qu'elle ne soit ni cruelle, ni bienveillante, mais simplement inaccessible à la pitié : indifférente à toute souffrance et sans but.