

premier temps, elle n'a qu'un succès restreint, car elle pâtit également des défauts des sources lumineuses disponibles. La rupture se fera avec l'arrivée des lasers au début des années 1960. En 1963, Leith et Upatnieks s'en servent comme source lumineuse pour enregistrer et reconstruire les images d'objets en trois dimensions. Le réalisme des images obtenues est saisissant : les hologrammes à laser enregistrés sur des plaques sont impossibles à distinguer d'une scène réelle vue à travers une fenêtre. En outre, leur visualisation ne nécessite pas de lunettes spéciales, comme pour les films en trois dimensions arrivés sur le marché un peu plus tôt, ou les dispositifs stéréoscopiques du XIX^e siècle ; ces deux dernières techniques consistent à présenter des images différentes à chaque œil, pour permettre au cerveau de reconstituer le relief. Les deux années suivantes, la nouvelle technologie se fait connaître des ingénieurs et des scientifiques du monde entier.

Dès 1966, on comprend que les travaux de Gabor, de Denissiouk et de Leith et Upatnieks peuvent être rassemblés au sein d'un même domaine, que l'on nomme holographie. Les travaux de Denissiouk sont réhabilités dans son pays. Les recherches soviétiques dans ce domaine sont soutenues par le gouvernement, qui en fait une vitrine scientifique dans le cadre de la guerre froide. Quant à Gabor, qui considérait pourtant ses travaux comme un échec, il sera le seul lauréat du prix Nobel 1971 de physique, une victoire controversée. Simple nou-

veauté peu prometteuse à visée théorique 20 ans plus tôt, l'holographie est devenue un domaine en plein essor, dont on s'arrache la paternité.

À partir du milieu des années 1960, universités et laboratoires industriels se bousculent pour explorer l'holographie, cherchant à lui trouver des applications et à l'améliorer. Le nombre de publications sur le sujet est multiplié par 25 avant la fin de la décennie, et les entreprises qui misent sur son exploitation commerciale se multiplient. Les Laboratoires *Willow Run* ont une longueur d'avance. Ils inventent des techniques d'interférométrie holographique pour visualiser et quantifier les déformations d'échantillons mécaniques, telle la dilatation due à la chaleur. Leur méthode peut aussi révéler précisément les contours d'un volume, les modes de vibration de pièces utilisées dans les bâtiments ou les machines, les détails des écoulements aéronautiques, des défauts de soudure... Les mesures faites par holographie offrent une sensibilité inégalée.

Les innovations s'enchaînent

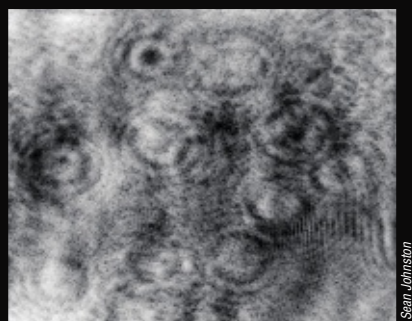
Les Laboratoires *Willow Run* donnent rapidement naissance à des sociétés commerciales, telle *Conductron Corporation*. Celle-ci réalise une série d'innovations. À la fin des années 1960, elle produit de gros hologrammes de démonstration pour les compagnies automobiles et des hologrammes de série

insérés dans une encyclopédie scientifique. Elle développe un laser à impulsions, qui émet une série de flashes et permet pour la première fois d'enregistrer des hologrammes de personnes vivantes ; auparavant, on utilisait des objets inanimés, car le sujet devait rester absolument immobile. Il sert aussi à analyser des phénomènes fugaces, tels un impact de balle, un mélange de combustibles ou la formation de nuages. L'entreprise crée des hologrammes à plusieurs couleurs en combinant des lasers rouge, vert et bleu pour l'enregistrement et le visionnage. Elle met au point les techniques nécessaires à la réalisation de courts dessins animés holographiques. Kip Siegel, le fondateur de *Conductron*, prédit un grand avenir commercial aux hologrammes. Il annonce la télévision, le cinéma et les films amateurs holographiques pour la décennie à venir, et charge publiquement ses employés de se préparer à « holographier » les prochains jeux Olympiques.

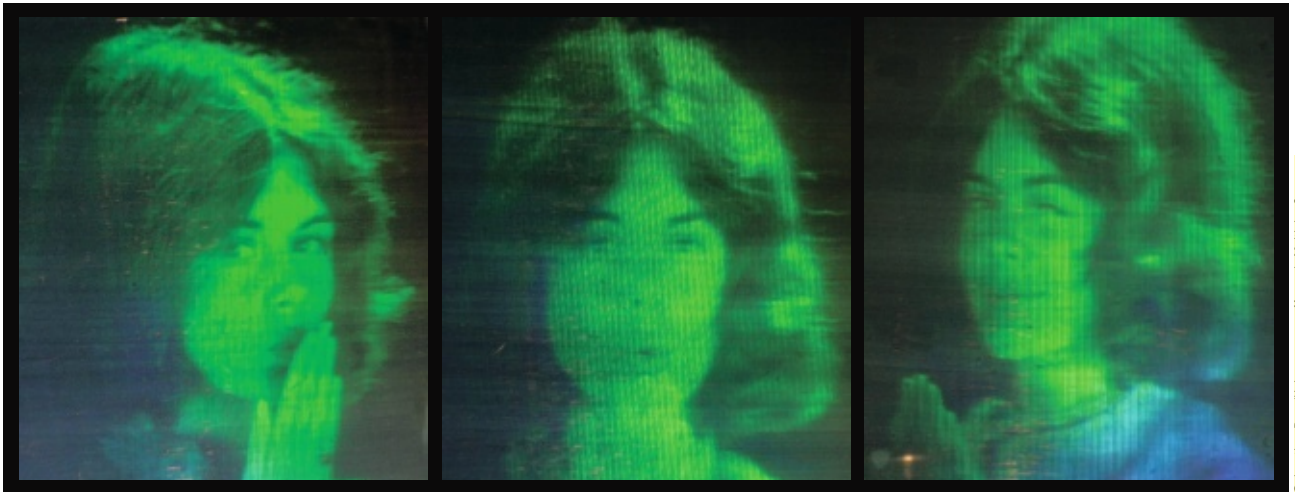
L'holographie devient plus familière, et on commence à comparer son évolution à celle de la photographie. Les premiers équipements étaient chers, nécessitaient des temps d'exposition longs, et étaient techniquement limités ; en quelques années, des hologrammes plus rapides, de meilleure qualité, moins chers et plus variés deviennent disponibles, et l'expertise redescend des chercheurs vers les ingénieurs et les entrepreneurs.

Cependant, les prédictions de Siegel dépassent de beaucoup les extrapolations techniques les plus optimistes, et les ingénieurs sont plus prudents que les commerciaux. Elles reposent sur une foi dans le progrès scientifique, technique et économique, largement partagée par ses contemporains. Elles sont aussi alimentées par les rapides progrès techniques et les inventions qui continuent de s'enchaîner dans le domaine de l'holographie.

Aux États-Unis, au moins trois équipes indépendantes redécouvrent les hologrammes de Denissiouk, dont les travaux sont passés inaperçus à l'Ouest. Bien qu'enregistrés avec un laser monochromatique, les hologrammes de ce type peuvent être visionnés avec une lumière blanche, comme les photographies de Lippmann. Ils fournissent alors une image en trois dimensions, qui apparaît derrière la plaque. L'enregistrement est aussi très simple : il suffit de placer la plaque photographique devant l'objet à enregistrer, puis de les éclairer tous deux avec un unique faisceau



5. DES HOLOGRAMMES DE SUJETS MOBILES peuvent être créés grâce à des lasers à impulsions. L'un des plus anciens montre un homme qui utilise une perceuse (*ci-contre*). Les dessins à sa surface indiquent que l'homme a bougé entre deux flashes du laser lors de l'enregistrement. Cet hologramme ainsi que tous ceux de type Leith-Upatnieks nécessitent des lasers pour être visionnés, sinon la plaque holographique (*ci-dessus*) ne ressemble pas à l'image d'origine.



© Jonathan Ross/Hologrammes créés par la Multiplex Company

laser. Le procédé est alors exploité par les musées soviétiques, qui réalisent des hologrammes de leurs collections ; ceux-ci connaissent une popularité croissante à partir des années 1970 dans le cadre d'expositions itinérantes.

D'autres types d'hologrammes en lumière blanche sont élaborés. Les plus simples sont enregistrés en utilisant une lentille pour focaliser la lumière diffractée par l'objet dans le plan de la plaque holographique. Les hologrammes de ce type, dits à plan-image, sont de plus en plus explorés à partir de 1966. Éclairés avec une source de lumière blanche, ils créent une image qui semble chevaucher la plaque, et dont les points les plus éloignés apparaissent plus flous que les plus proches. En adaptant légèrement le dispositif optique, on peut faire apparaître l'image devant la plaque holographique, comme si elle était suspendue dans l'espace en face du spectateur.

De telles images impressionnent le public, qui se prend à espérer la concrétisation des hologrammes imaginés par le cinéma des années 1970, notamment dans *La Guerre des étoiles*, et par la télévision des années 1980, par exemple dans *Star Trek: La nouvelle génération*. Malheureusement, les dispositifs présentés dans ces films, qui projettent une image holographique loin du spectateur sans plaques physiques, sont irréalistes : les hologrammes nécessitent une plaque d'enregistrement et apparaissent toujours entre cette plaque et le spectateur.

Une variante intéressante des hologrammes est développée en 1968 par Stephen Benton, travaillant alors pour la Société *Polaroid*, et rendue publique au début des années 1970. Généralement qualifié d'arc-en-ciel, son hologramme est

fendu horizontalement, ce qui entraîne des propriétés optiques inédites : lorsqu'on bouge la tête de bas en haut, on observe un changement de couleur de l'image (car la fente disperse les longueurs d'onde de la lumière blanche), au lieu de voir par-dessus l'objet de premier plan comme dans les autres types d'hologrammes.

La dernière addition majeure à la boîte à outils de l'holographie pendant les années 1970 est celle du stéréogramme holographique, développé par le physicien Lloyd Cross. Dans sa forme la plus simple, ce stéréogramme est une série d'hologrammes de Leith-Upatnieks juxtaposés, chacun formant une bande verticale. Si on courbe le stéréogramme en un cylindre, chaque œil voit des bandes différentes ; ainsi, une scène tridimensionnelle est reconstituée. L'avantage d'un stéréogramme est que chacun des hologrammes qui le composent peut être enregistré à partir des images bidimensionnelles d'un film tourné de façon classique.

Dans les années 1980, de nouvelles méthodes de fabrication permettent de produire des hologrammes de réflexion bon marché à partir de modèles : au lieu de créer un motif d'interférences dans la profondeur d'un matériau photosensible, telle une émulsion photographique, on « sculpte » ce motif à la surface du matériau. Dès lors, on peut le reproduire en masse par des techniques d'estampillage. On obtient des images peu esthétiques, mais au relief impressionnant. L'holographie trouve alors plusieurs nouvelles applications, telles que la publicité dans les magazines et les dispositifs anticontrefaçon appliqués sur les emballages ou les cartes bancaires. Depuis, les hologrammes sont partout.

6. LE STÉRÉOGRAMME HOLOGRAPHIQUE
le plus vu des années 1970, *Le Baiser II*, était enroulé sur un cylindre. Lorsqu'on tourne le cylindre, on voit les images ci-dessus, en relief, qui se succèdent.

L'AUTEUR



Sean F. JOHNSTON est enseignant-chercheur en histoire des sciences et de la technologie à l'Université de Glasgow, en Écosse.

Article publié avec l'aimable autorisation de *American Scientist*.

✓ BIBLIOGRAPHIE

S. A. Benton et V. M. Bove Jr., *Holographic Imaging*, Wiley-Interscience, 2008.

S. Johnston, *Holographic Visions : A History of New Science*, Oxford University Press, 2006.

U. Schnars et W. Jüptner, *Digital Holography : Digital Hologram Recording, Numerical Reconstruction and Related Techniques*, Springer, 2004.

J. Ludman et al. (eds.), *Holography for the New Millennium*, Springer, 2002.