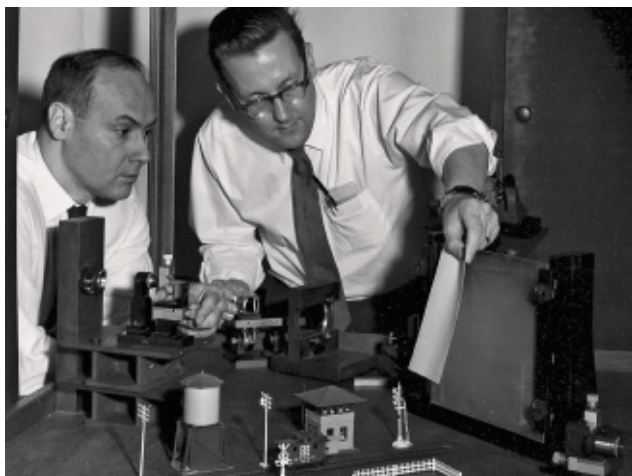




© Juris Upatnieks



© Juris Upatnieks

4. EMMETT LEITH ET JURIS UPATNIEKS (à gauche) ont créé l'une des principales techniques de réalisation d'hologrammes. Leur hologramme d'un train miniature (à droite), produit en 1965, était l'un des premiers de ce type à être vus par un large public. L'image était rouge en raison

du type de laser utilisé. Les plaques sur lesquelles les hologrammes sont enregistrés, d'abord minuscules, passent à une trentaine de centimètres de longueur et de largeur dans les années 1960, et montrent des objets de plusieurs mètres de profondeur.

enregistrer et à reproduire les caractéristiques complètes d'un champ d'ondes lumineuses. Il souhaite capturer un front d'onde (une surface d'égale phase) en un point arbitraire de l'espace, comme le fait l'œil humain, afin de visualiser une scène tridimensionnelle en couleur. Denissiouk finit par reprendre et généraliser certains aspects de la photographie de Lippmann. Il crée des ondes stationnaires dans une émulsion photographique en faisant interférer la lumière incidente avec celle qui est réfléchie par l'objet (voir la figure 3). Il enregistre ainsi le front d'onde lumineux, sous forme d'un motif d'interférences, en utilisant de la lumière monochromatique. Le motif enregistré peut ensuite réfléchir la lumière pour recréer le front d'onde.

Le dispositif de Denissiouk a l'avantage d'éviter les images superposées de Gabor, mais il est confronté à des problèmes pratiques similaires. Il a besoin de lumière cohérente, c'est-à-dire dont la phase est assez régulière pendant le temps d'exposition pour que des interférences se produisent. Or les sources disponibles sont peu lumineuses et insuffisamment cohérentes. En conséquence, il ne parvient à enregistrer que des images d'objets faisant moins d'un millimètre d'épaisseur. En outre, il pense-à tort- que ces objets doivent être très réfléchissants. Il n'enregistre donc que des images de miroirs très minces-qui réfléchissent la lumière de la même façon que l'original, de sorte qu'un homme qui regarde l'image voit non seulement le miroir, mais aussi sa propre figure reflétée-ou d'objets de ce type. Ses contemporains rejetant à la fois sa théorie et ses résultats,

Denissiouk se tourne vers d'autres travaux au début des années 1960.

La troisième idée novatrice est encore moins liée à l'optique classique. Dans les années 1950, aux Laboratoires Willow Run (dédiés aux contrats militaires) de l'Université du Michigan, le jeune ingénieur électricien Emmett Leith travaille à la conception de nouveaux radars. Leith cherche des méthodes pour traiter les données de ce qu'on nommera plus tard le radar à visée latérale ou à synthèse d'ouverture. Ce radar émet des ondes électromagnétiques et capte leurs échos multiples grâce à une antenne aérienne. Les données enregistrées sur une pellicule ressemblent aux figures d'interférences des hologrammes. Elles sont ensuite combinées et traitées pour créer une image du terrain.

Une nouvelle science appliquée

Pour ce faire, un système électronique complexe est imaginé, où le signal doit être enregistré sur bande magnétique et filtré analogiquement, grâce à des condensateurs, des bobines d'inductance et d'autres composants électriques; un recours aux ordinateurs numériques assez primitifs qui commencent à être disponibles à cette époque est aussi envisagé. Mais entre 1954 et 1959, Leith et ses collègues conçoivent une nouvelle solution, utilisant un système de traitement optique. Ils mélangent la théorie de l'optique physique à celle des télécommunications, qui s'est développée après guerre, pour créer une science appliquée nouvelle et puissante (aussi explorée indé-

pendamment par une poignée de chercheurs français).

À l'époque, la sûreté militaire empêche la publication de leurs résultats. Leith écrira plus tard : « En réalité, l'holographie n'était pas en recul dans la période 1955-1962, comme on pourrait le croire à tort au regard de la littérature publiée. D'une certaine façon, elle était devenue clandestine. » Pendant son temps libre, Leith continue à explorer la nouvelle science appliquée, en particulier après avoir découvert les travaux de Gabor. En 1961, avec son collègue Juris Upatnieks, il élabore une méthode pour encoder, puis reconstruire une image sur un transparent photographique par le processus d'hologramme en deux étapes. Ils résolvent le problème des images superposées en s'inspirant des sciences de la télécommunication (de même que les communications radio reposent sur des ondes qui varient dans le temps, l'information holographique est fondée sur des motifs holographiques variant spatialement). Le motif d'interférences de l'hologramme résulte du mélange de deux signaux, une onde de référence (l'onde monochromatique de départ) et une onde échantillon (issue de la diffraction ou de la réflexion de l'onde de référence par l'objet). En décalant le faisceau de référence et celui d'échantillon afin qu'ils ne soient plus parallèles, les chercheurs réussissent à séparer les deux images : lors de la visualisation, on observe soit l'une, soit l'autre, en fonction de l'angle de vue.

La méthode de Leith et Upatnieks est nommée photographie sans lentille par l'Institut américain de physique. Dans un

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

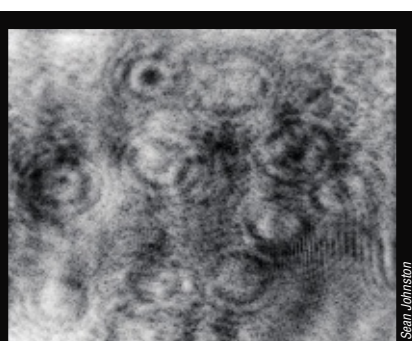
Les Laboratoires *Willow Run* donnent rapidement naissance à des sociétés commerciales, telle *Conductron Corporation*. Celle-ci réalise une série d'innovations. À la fin des années 1960, elle produit de gros hologrammes de démonstration pour les compagnies automobiles et des hologrammes de série

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.