

L'IMAGE QUI FLOTTE DANS L'AIR

UNE reconstitution d'hologramme donne une image si nette qu'elle ne peut être distinguée de l'objet réel. Ce procédé de laboratoire produit une image en couleur dont on peut faire le tour, car elle flotte en l'air.

Les spécialistes de l'holographie sont enthousiasmés : cette branche est si récente qu'on ne sait pas encore où elle peut conduire.

Les spécialistes imaginent déjà tout une bibliothèque réduite aux dimensions d'un porte-documents, le vrai cinéma et la vraie télévision en relief, des agrandissements d'un million de fois, des cartes topographiques très exactes, une nouvelle forme d'art.

Pour démontrer qu'il ne s'agit pas de choses imaginaires, ils ont déjà réalisé des images en couleur qui flottent en l'air, le cinéma en relief sans lunettes et sans accessoires, des vibrations qu'on peut voir et mesurer, un code si secret qu'il ne peut être déchiffré par des intercepteurs et un dispositif pour mesurer le brouillard — tout cela par reconstitution d'hologramme.

Il y a vingt ans, l'holographie a été inventée par Dennis Gabor, de l'Imperial College of Science and Technology, de Grande-Bretagne.

Aujourd'hui, grâce au laser, elle a pris un grand essor.

L'holographie s'est d'abord fait une répu-

tation comme « photographie sans lentille » ou « photographie par laser », mais il ne s'agit pas simplement de photographie. Ce qu'elle sera en plus dépend des efforts et de l'argent qu'on consacrera à la développer. On estime actuellement que 10 à 100 millions de dollars (50 à 500 millions de francs) lui sont consacrés par an dans une centaine de laboratoires aux Etats-Unis.

A la base de l'holographie, il y a la conservation des ondes lumineuses en un point de la trajectoire, puis leur libération au moment voulu. Quand elles sont sorties de l'hologramme, les ondes lumineuses reconstituent l'image comme elle existait, bien que les objets aient été enlevés.

L'hologramme lui-même ne contient pas un négatif photo. En réalité, on dirait la forme vague d'un voile vapoureux qui flotte devant une vitre : des rouleaux, des plis, des lignes. Actuellement on l'enregistre sur la même émulsion qu'une pellicule photo, mais il y a d'autres possibilités, notamment la thermoplastique, les cristaux photo-sensibles.

Le secret des hologrammes est dans l'alignement des ondes lumineuses. La lumière blanche, comme celle émise par une lampe électrique ou le soleil, est composée d'ondes lumineuses de longueurs différentes mélangées d'une façon inextricable. Les faisceaux lasers, par contre, sont parfaitement en phase sur toute la trajectoire, une qualité qu'on appelle cohérence temporelle.

Les faisceaux lasers sont non seulement bien coordonnés, ils sont très intenses et peuvent être concentrés en un point très petit appelé cohérence spatiale.

Le faisceau laser peut être comparé à un défilé de boules de gomme parfaitement alignées en colonne. Une autre colonne de boules de gomme traverse l'autre à angle droit. Là où deux boules de gomme se rencontrent, elles se réunissent pour former une autre boule deux fois plus grosse, en laissant un vide dans les colonnes.

Si une autre colonne traverse la formation à 45°, toute collision partielle produira une boule plus grosse que les autres et un espace vide correspondant. Un hologramme conserve simplement l'état instantané des boules au moment où les interactions sont les plus vives.

Tandis que des ondes de laser sont émises en phase et sont réfléchies par un objet, un autre faisceau laser peut croiser la trajectoire des ondes réfléchies et produire ainsi un effet d'interférence stationnaire. L'hologramme enregistre cet effet stabilisé.

Si l'objet holographié est une balle de tennis, l'hologramme est une série de cercles concentriques.

Si c'est une petite statue, l'hologramme représentera exactement de quelle manière la statue réfléchit les ondes lumineuses, certaines étant réfléchies par des parties droites, d'autres par des parties courbes, d'autres par des angles.

Une fois que la représentation est enregistrée sur l'hologramme, on peut la reproduire en inversant simplement le processus. Un faisceau laser est projeté sur l'hologramme de la même position qui a servi pour l'enregistrement. Cela reproduit l'objet pour l'œil à la même place et dans la même position (voir photo du bas, derrière la couverture). L'hologramme qui est en réalité une grille de diffraction, reconstitue une image réelle d'un côté et une image virtuelle de l'autre. Mais l'image virtuelle doit être mise au point avec une lentille tandis que l'image réelle peut être vue sans lentille.

Emmett Leith, chef de la section optique du laboratoire d'optique et de radar de l'Université de Michigan, et Juris Upatnieks, un ingénieur de recherche, ont réalisé les premiers hologrammes à l'aide de faisceaux lasers et de l'interferométrie à double faisceau (effets d'interférence d'ondes lumineuses). Cette technique a mis fin aux images floues

qui caractérisaient les hologrammes obtenus avec d'autres dispositifs.

La mise au point de la couleur a été obtenue l'hiver dernier, lorsque George Stroke, chef du laboratoire électro-optique du Michigan, Keith Pennington et Lawrence Lin, des laboratoires de la Bell Telephone, ont modifié les dispositifs d'enregistrement de telle manière que la lumière blanche — une lampe électrique ou le soleil — peut reconstituer un hologramme multicolore réalisé au laser.

Mais peut-on vraiment faire le tour d'un hologramme ? Cela dépend comment la pellicule est placée. Si c'est une grande feuille plate, disons de 28 sur 36 cm, vous pouvez regarder droit dedans et en travers de 90° de part et d'autre comme derrière un coin. Si la pellicule est disposée en rond, comme l'ont fait des chercheurs japonais, vous pouvez voir toutes les faces d'une représentation.

Lorsque vous avez réalisé un hologramme, il est facile à reproduire par deux méthodes. Une méthode consiste simplement à couper l'hologramme en morceaux, autant de morceaux que vous voulez de reproductions. Chaque morceau de pellicule contient toute l'image, car la lumière émise par chaque

DEUX CHEVAUX EN 3-D, une reconstitution en hologramme, gambadent dans les mains du Dr Rigler.



point de l'objet atteint chaque point de la pellicule. Cette propriété est appelée image fantôme. Mais les détails deviennent plus flous à mesure que les morceaux deviennent plus petits.

Un autre moyen de reproduire un hologramme, explique Lin, c'est de placer une feuille de pellicule vierge contre l'hologramme intact et de projeter un faisceau laser à travers. La représentation est reproduite avec une netteté presque aussi grande, comme lorsqu'on reproduit une diapositive en couleur.

Les hologrammes peuvent être pris à deux vitesses déterminées, petite ou extrêmement grande. La petite vitesse est une exposition avec un laser à l'argon ou à l'hélium, utilisant une pellicule à grain fin, des plaques Kodak 649. Cette pellicule à grain fin exige une longue exposition pour impressionner les très petits détails.

Les expositions vont de 10 secondes pour une pièce de nickel à 10 minutes pour une représentation subtile de 5 figurines. Le sujet doit rester immobile à une fraction de longueur d'onde près, soit environ 1/100 000^e de millimètre. Aussi, tous les appareils sont montés sur des socles de granit pour les empêcher d'être secoués par les vibrations imperceptibles transmises par le sol. Evidemment, dans ces conditions, il n'est pas question de prendre des sujets vivants. Ce qu'il faudrait alors, c'est un laser à grande vitesse, à rubis et contact Q qui permet deux expositions en 1/1 000^e de seconde.

Lee Heflinger, Ralph Wueker et Robert Brooks, trois physiciens au service de la T.R.W. Systems, à Redondo Beach, en Californie, ont pris des hologrammes des ondes de choc en mouvement derrière une balle de petit calibre traversant l'air à deux fois et demie la vitesse du son. Lorsque les hologrammes furent reconstitués, on pouvait voir la balle et ses effets en relief avec une très grande netteté. On a utilisé la même technique pendant deux ans dans une installation radar d'aéroport pour étudier l'état du brouillard et de la neige. Ce dispositif est le premier permettant l'étude en profondeur des masses.

Le cinéma et la TV semblent offrir de grandes possibilités d'application, car on peut enregistrer une très grande quantité d'informations optiques sur un hologramme, beaucoup plus que sur une photo ou sur un microfilm.

Les premiers films ont été réalisés à l'Uni-

versité de Stanford, et d'autres ont été réalisés au laboratoire de radar et d'optique du Michigan. Mais dans l'un ou l'autre cas, l'émulsion était trop mince pour enregistrer une longue séquence, disons de 5 minutes. Leith, Upatnieks, Adam Kozma et N. Massey peuvent enregistrer 5 à 7 vues sur un seul hologramme.

Leurs séquences montrent des mouvements tels qu'un pendule qui oscille et un faux canard qui se balance sur l'eau. Les mouvements sont saccadés, comme dans certains dessins animés.

Mais si on peut mettre au point le cinéma et la TV sur ce principe, imaginez-vous une maison hantée où l'image télévisée à 3 dimensions flotte dans l'air autour de vous. Même si la T.V. holographique ne peut être répandue dans le public, Stroke se déclare « convaincu que l'utilisation de la télévision à 3 D en laboratoire sera réalisée ».

Applications pour l'espionnage

Pour les enthousiastes de James Bond, les hologrammes peuvent enregistrer des photos ou des plans de grande importance militaire de telle manière que tous les services d'espionnage du monde ne pourront en percer le secret, même après 10 ans d'effort.

Leith et Upatnieks ont découvert qu'une matière translucide, comme le verre dépoli ou opale, peut être interposée entre le sujet et la pellicule d'hologramme. Pour reconstituer l'image, il faut placer une plaque diffuseuse identique exactement dans la même position. Lorsque la lumière traverse l'hologramme, le diffuseur et son image s'annulent mutuellement. Le moindre changement de position ou de substance, même une simple dilatation par la chaleur causera un brouillage optique similaire au brouillage sonore de la radio, qui gênera la reconstitution. La reconstitution sera de même brouillée si l'on utilise une autre plaque du même matériau.

Leith explique que lorsque le diffuseur est placé à la même position qu'avant, à quelques microns près, les ondes commencent à reconstituer l'image, comme dans un kaleidoscope. Un hologramme réalisé avec un diffuseur garde ses secrets, sauf pour ceux qui savent exactement comment il a été réalisé.

L'application immédiate la plus pratique du hologramme est une analyse des vibrations qui secouent une construction. Les vibrations

offrent un grand intérêt pour les amateurs de musique et les accordeurs de piano mais elles sont le cauchemar des constructeurs d'avion, de fusées et de ponts.

Robert Powell et K.A. Haines, de l'Université de Michigan, ont découvert que les efforts causés par les vibrations peuvent être matérialisés sur des hologrammes. On prend des hologrammes d'un objet qui vibre. Comme l'hologramme est une image d'interférence, plus la vibration est grande, plus l'image est grande. On peut déterminer ainsi l'amplitude de fréquence de la vibration.

L'hologramme donne de meilleurs résultats en analyse que les vieilles méthodes parce qu'il n'est pas nécessaire que les fibres, les miroirs ou les matières plastiques touchent la partie qui vibre.

Une application similaire est possible pour les pièces mécaniques qui peuvent subir des déformations, l'image et la pièce se superposent ainsi faire un hologramme d'un disque neuf. Quand il a tourné pendant un mois, on le remet dans la même position d'enregistrement et l'hologramme initial est superposé. Les images d'interférence indiqueront l'importance de la déformation. S'il n'y a pas de déformation, l'image et la pièce se superposeront exactement.

« Il est probable que l'application la plus intéressante d'un point de vue particulier est dans le traitement des informations optiques, qu'on appelle quelquefois identifications optiques des caractères », a dit le Dr Stroke. Sous cette appellation laborieuse, on trouve la possibilité intéressante de mettre toute une bibliothèque dans un porte-document et de mobiliser les pages une par une. Ou de trouver toutes les références écrites pour « radiation » ou « la cuisine au XVIII^e siècle ».

Fred Rotz, qui collabore avec A. Vanderlugt et A. Klooster à Michigan, a expliqué que la méthode de l'hologramme peut enregistrer des informations sur un fond transparent qui est masqué par les méthodes photographiques. Ce qu'on appelle des « filtres homologues complexes fidèles » peuvent être constitués pour n'importe quel genre d'information qu'on voudrait retrouver et utiliser par la suite. Par exemple, on peut constituer des diapositives ordinaires avec un manuel de jardinage. Ensuite, on peut constituer un filtre pour le mot « dahlia ». Chaque fois que le mot « dahlia » apparaît dans le texte tandis que vous parcourez l'ouvrage un point lumineux signalera l'endroit où se trouve le mot de référence. Accolé à un dispositif électronique, cela pourrait donner la solution du

problème de l'emploi des ordinateurs dans le classement des références, comme la lecture automatique des codes numériques à grande vitesse.

Les chercheurs ont pu réaliser des filtres dont la sélectivité varie. Un certain filtre par exemple ne peut identifier un mot qu'en caractère sérif tandis qu'un autre peut identifier le mot en caractères sérif ou sans sérif. On peut incorporer plusieurs variations dans un seul filtre. D'autre part les filtres identifient une lettre même si elle est mal imprimée ou légèrement décalée. Les ordinateurs qui parcourent les caractères imprimés ne peuvent identifier les caractères défectueux.

Il existe d'autres domaines dont certains ont été à peine abordés par les chercheurs. Stroke vient d'annoncer une méthode holographique permettant de donner un éclairage 100 fois plus puissant que celui qu'on trouve actuellement dans les spectrographes à grille. Cela permettra de prendre au télescope une photo d'une galaxie lointaine en 30 minutes au lieu de 50 heures. Les télescopes pourront ainsi scruter l'espace à des distances plus grandes.

Avec l'holographie, il y a la possibilité théorique d'agrandir un million de fois, mais il faudrait surmonter des difficultés techniques formidables.

L'holographie permet de réaliser des cartes topographiques très exactes. Percy Hildebrand et Kenneth Haines, du Michigan, ont réalisé des plans topographiques d'ampoules électriques. Cette technique peut être appliquée pour reproduire des outils de précision.

En considérant l'avenir, Leith espère qu'un jour on découvrira une matière épaisse photosensible — peut-être du cristal — pouvant enregistrer des milliers d'hologrammes au lieu de 7 ou 8 comme aujourd'hui. La Xerox Corp a annoncé récemment la mise au point d'une matière thermoplastique pour hologrammes.

Dans son état actuel, sans autre perfectionnement, l'holographie offre des possibilités merveilleuses. Vous pouvez, par exemple, voir une collection de rubis et d'émeraudes de belle eau, non derrière une plaque de verre et une grille, mais exactement comme ils sont posés sur un écrin de velours. Un chercheur envisage toute une nouvelle forme d'art en holographie, aussi révolutionnaire peut-être que la photographie par rapport à la peinture. Ce sera l'ère de l'illusion exacte et scientifique.