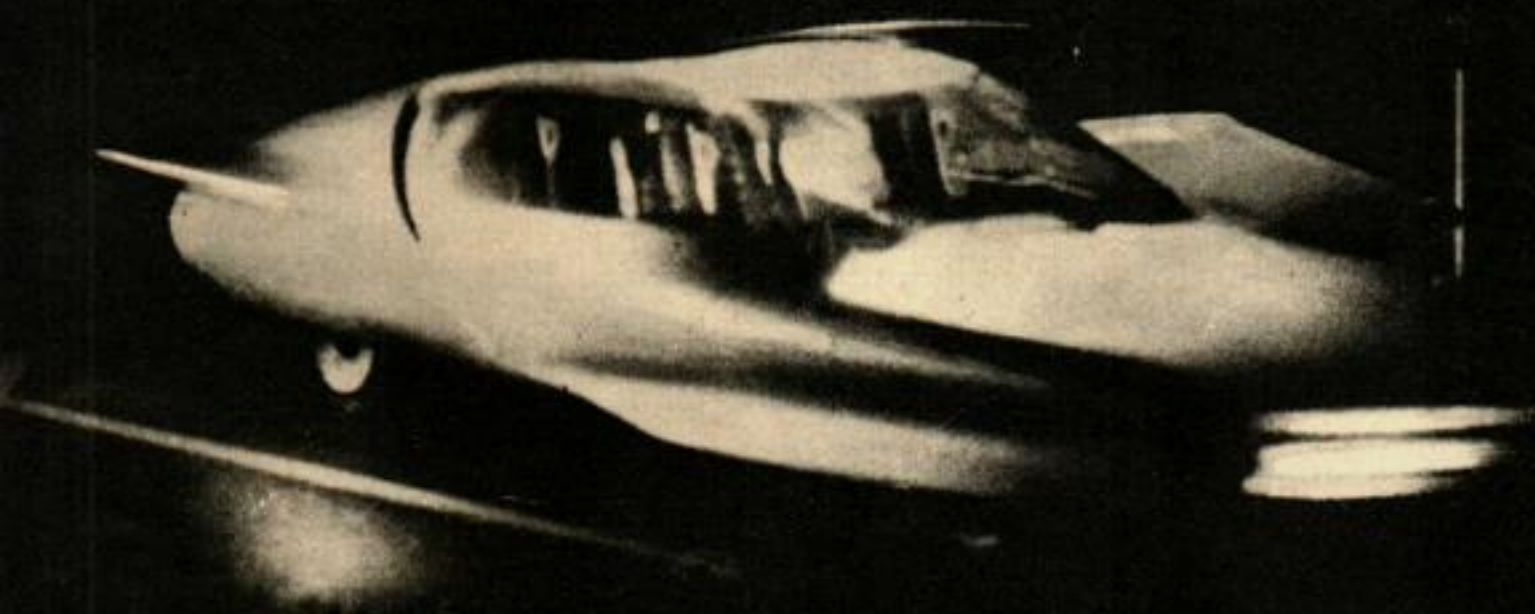




L'HOLOGRAPHIE :

une image magique à trois dimensions formée dans le vide

Les hologrammes — des images incroyables qui semblent suspendues dans le vide — font espérer le cinéma et la TV à trois dimensions, l'identification automatique des empreintes digitales et toute une bibliothèque contenue dans un cristal gros comme une boîte d'allumettes.

L'IMAGE à trois dimensions était suspendue dans l'espace devant moi, comme un fantôme. Quelques secondes auparavant, le docteur Emmett Leith, de l'Institut de science et de technologie de l'université du Michigan, avait braqué le faisceau d'un laser sur la partie arrière d'une sorte de vitre mince de 30 cm de côté. Soudain, je vis apparaître devant moi l'image d'une voiture d'allure futuriste. A l'arrière-plan, cachée en partie par la première, j'en voyais une autre.

« Regardez bien les roues arrière de la voiture », dit le docteur Leith. Comme je me penchais en avant, je vis apparaître les parties basses de la voiture. Entre les roues, je pouvais voir la seconde voiture. Je me levai, m'approchai et jetai un coup d'œil à l'intérieur. Je vis des sièges en cuvette, un tableau de bord capitonné et un changement de vitesses au plancher, tout cela parfaitement visible à l'intérieur de la voiture. Au même

moment, la voiture en arrière plan était nettement visible par-dessus le toit de la première.

Le docteur Leith poussa alors un bouton et l'image fantastique disparut ; je ne voyais plus devant moi que la petite vitre gris sale. Ce que j'avais vu, c'était un hologramme — une image formée sur une pellicule, mais si semblable à la réalité qu'on croirait pouvoir la toucher.

Un hologramme, contrairement à une photographie, n'est pas une image représentative d'un objet. C'est une image prise sans lentille d'un ensemble complexe de rayons lumineux réfléchis par un objet. Par lui-même, un hologramme est un simple barbouillage où l'on distingue seulement des bandes, des ronds et des tourbillons. Ces taches représentent d'une certaine manière les rayons lumineux impressionnés sur la surface de la pellicule, de même que les sillons ondulés d'un



LES IMAGES SPECTRALES présentées ici et sur la page opposée sont les hologrammes de deux modèles réduits futuristes de voitures réalisés à l'Université du Michigan en coopération avec la General Motors. Ces images n'apparaissent que lorsque la pellicule est éclairée par le puissant faisceau d'un laser, comme ci-dessus. Ci-dessous le dispositif utilisé pour réaliser les hologrammes. Il comprend un prisme pour diviser le faisceau du laser et des miroirs pour réfléchir les faisceaux sur la pellicule.



disque phonographique représentent les sons enregistrés dans la matière plastique.

Quand un hologramme est éclairé par un faisceau de laser, il reproduit l'image représentative à peu près comme une aiguille de phonographe reproduit les sons enregistrés sur le disque. Le barbouillage de la pellicule reconstitue, à l'aide de rayons lumineux, une image visible exactement pareille à l'objet qui a formé le barbouillage.

La grande différence, c'est qu'une image holographique contient beaucoup plus qu'une image photographique ordinaire. Comme les rayons lumineux réfléchis se diffusent dans toutes les directions de tous les points d'un objet, le spectre lumineux enregistré par un hologramme contient des informations sur des parties de l'objet qui ne sont pas directement visibles à l'œil ou à l'objectif photo.

Un hologramme peut en effet « voir » derrière les coins et à l'intérieur des objets. Si vous bougez, vous voyez des parties que vous ne voyiez pas avant, exactement comme s'il s'agissait d'objets réels. Les hologrammes sont donc les premières véritables images à trois dimensions. Le mot hologramme est formé du mot grec « holo », qui veut dire « entier » et signifie « image totale ».

Le réalisme incroyable de l'hologramme fait espérer des réalisations sensationnelles. Im-

ginez les effets extraordinaires qu'on peut obtenir avec le cinéma et la TV à 3 dimensions. D'une importance plus immédiate pour la science sont les images holographiques réalisées à travers un microscope. Comme les hologrammes enregistrent des détails que l'œil ne peut apercevoir directement, les chercheurs peuvent étudier des organismes minuscules comme les cellules et les microbes couche par couche, en pénétrant sous la surface. L'American Optical Co a déjà réalisé des phototypes qui peuvent produire des hologrammes de ce genre.

En enregistrant des traits caractéristiques sur un hologramme, on peut s'en servir pour identifier des empreintes digitales, des mots, des successions de secousses sismiques. Cela permet de réaliser le classement et le retrait automatique de documents tels que les électrocardiogrammes, les fiches signalétiques, etc.

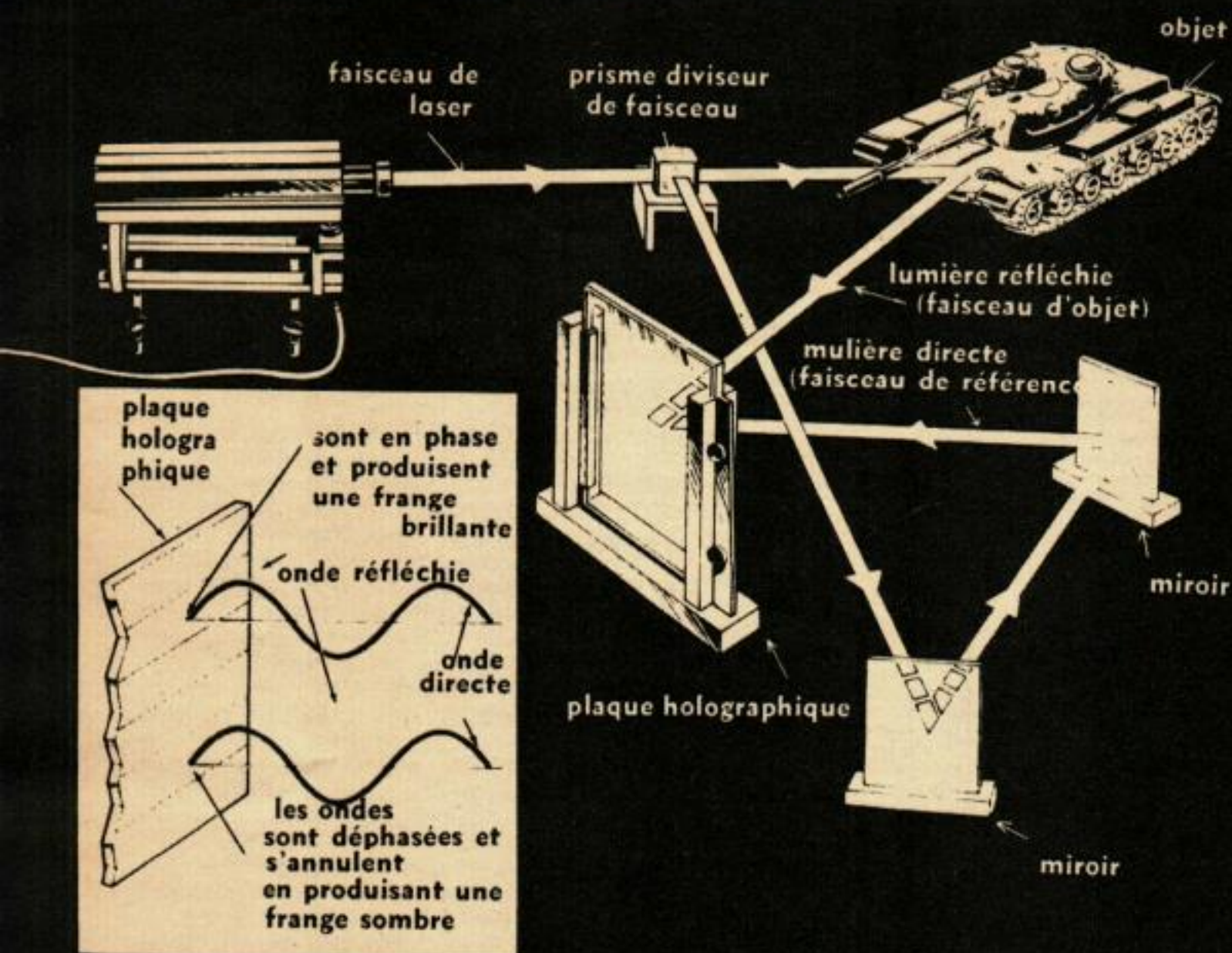
Comme les hologrammes n'enregistrent que des spectres lumineux suivant un certain code abrégé, on peut enregistrer des milliers d'images différentes sur un seul hologramme et les reconstituer une par une en changeant uniquement l'incidence du faisceau de laser sur la pellicule. Le nombre d'images qui peut être enregistré atteint le chiffre de plusieurs millions si, à la place de la pellicule, un petit cristal photosensible est utilisé. En principe, on devrait pouvoir enregistrer le texte d'un gros livre sur un cristal gros comme un comprimé d'aspirine, ou toute une bibliothèque sur un cristal pas plus gros qu'une boîte d'allumettes.

Comment on réalise un hologramme ? Il est évident que si on expose simplement une pellicule à un flot de lumière, elle sera complètement noircie et ne contiendra aucune image. Ce qui produit le schéma lumineux de l'image, c'est l'interférence entre deux sources lumineuses différentes. Le faisceau laser qu'on utilise pour éclairer le sujet est divisé en deux par un prisme. Une partie est braquée sur le sujet puis réfléchi sur la pellicule comme pour la photographie classique. L'autre partie

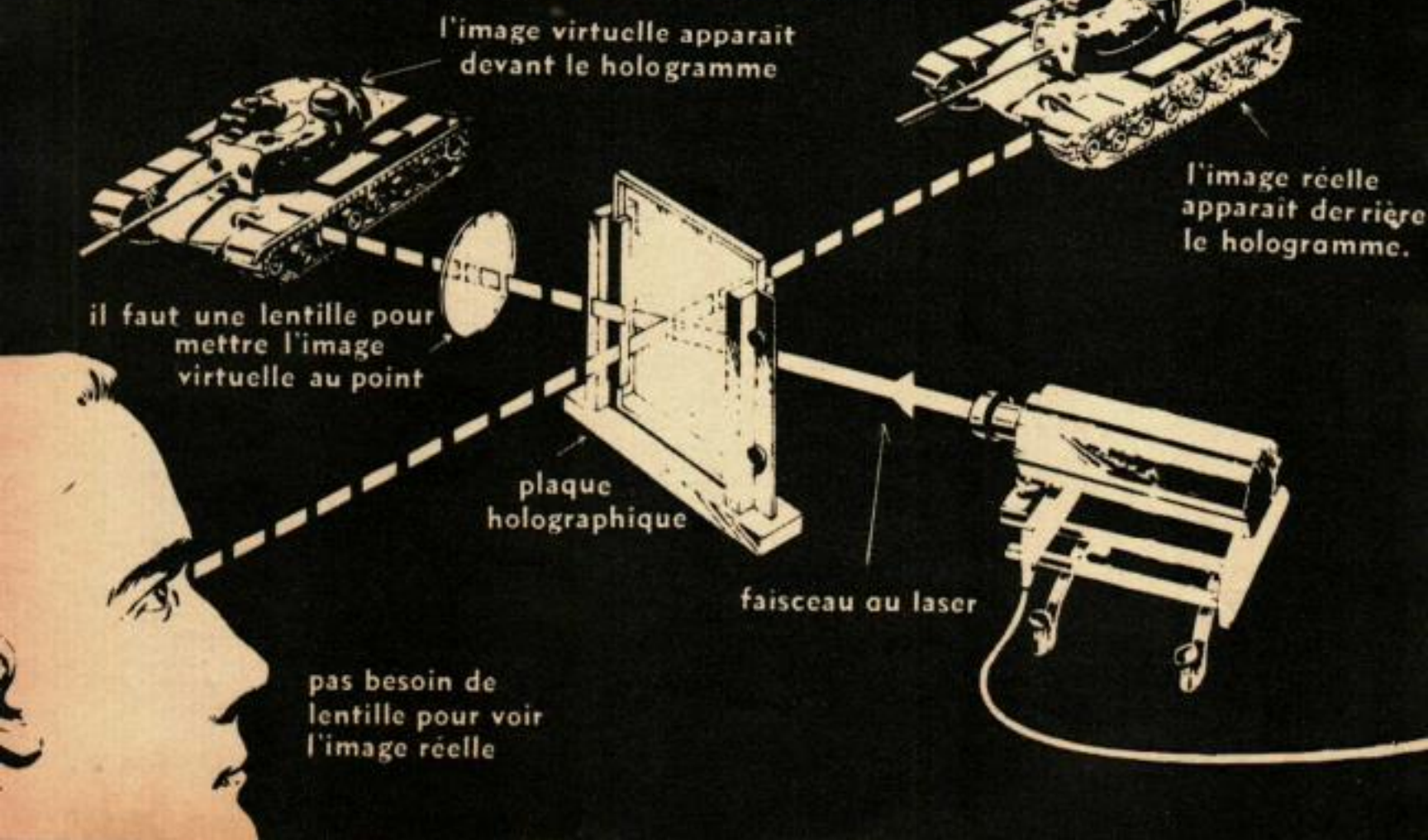


CE BARBOUILLAGE de raies et de ronds, c'est tout ce qu'on voit généralement sur un hologramme. Il forme un schéma comme les sillons d'un disque de phono. L'image est reconstituée lorsqu'un faisceau est projeté à travers la pellicule.

COMMENT ON REALISE UN HOLOGRAMME



COMMENT ON PROJETTE UN HOLOGRAMME



CES PHOTOS EXTRAORDINAIRES d'un tank-jouet (ci-dessous) illustrent l'étonnante faculté de reproduction sur 3 dimensions des hologrammes. Ce sont en réalité 2 photos du même hologramme, faites sous deux angles différents ; dans la photo du haut, avec l'appareil haut placé et presque de face, on voit le haut du tank et seulement le devant de sa chenille droite. Dans la photo du bas, avec l'appareil placé plus bas et plus à gauche, vous pouvez voir le côté de la chenille droite et une partie plus grande du dessous exactement comme si vous avez bougé la tête en regardant un vrai modèle réduit. Les dessins de la page opposée montrent les deux dispositifs de principe utilisés pour réaliser et projeter un hologramme. Dans chaque cas, on utilise un laser, mais il y a une légère différence dans l'arrangement. Pour réaliser un hologramme, le faisceau est divisé par un prisme, une partie éclaire l'objet tandis que l'autre partie est braquée directement sur la pellicule. Le schéma encadré montre comment les ondes des deux parties se rejoignent sur la pellicule et se renforcent ou s'annulent. Les raies claires et sombres ainsi obtenues, appelées « franges » constituent un schéma codé enregistré sur la pellicule. Lorsque la pellicule développée est éclairée par un laser, ce schéma codé dévie les ondes pour reconstituer l'image originale. Deux images apparaissent, l'image « réelle » derrière le hologramme, l'image « virtuelle » devant. L'image réelle peut être vue directement tandis que l'image virtuelle doit généralement être mise au point avec une lentille.



est braquée directement sur la pellicule. Cette partie s'appelle le faisceau de « référence ».

Les ondes lumineuses du faisceau de référence sont parfaitement en phase, car elles viennent directement du laser. Mais les ondes réfléchies par le sujet sont déphasées, car elles ont parcouru des distances différentes depuis la sortie du laser.

Lorsque les deux parties se rejoignent sur la pellicule, elles interfèrent l'une avec l'autre. Lorsque deux ondes sont en phase, elles se renforcent ; lorsqu'elles sont en opposition de phase, elles s'annulent. Dans le premier cas, on a un point très lumineux ; dans le second, un point sombre. On obtient ainsi un barbouillage de lignes plus ou moins claires qu'on appelle spectre d'interférence.

Comme chaque objet réfléchit la lumière d'une façon qui lui est propre, le spectre d'interférence produit par un objet donné donne son schéma lumineux caractéristique. Lorsque l'hologramme développé est éclairé par un faisceau de laser, les milliers de lignes microscopiques de la pellicule modulent les rayons lumineux suivant le même schéma pour reconstituer l'image exacte du sujet.

En dehors des effets spectaculaires à trois dimensions qu'ils donnent, les hologrammes possèdent quelques autres caractéristiques remarquables. Comme ils enregistrent des ondes lumineuses et non une image créée par une lentille, chaque partie de la reproduction est nette et proportionnelle, quelle que soit sa distance de la pellicule.

De plus, chaque point du sujet est enregistré sur toute la surface de l'hologramme, c'est-à-dire qu'une partie quelconque de l'hologramme contient tout le schéma nécessaire pour reproduire une image complète du sujet. Vous pouvez couper un hologramme en deux ou en quatre, chaque morceau peut vous donner une image complète. Plus les morceaux deviennent petits, moins l'image devient distincte, mais elle est toujours entière.

Le premier hologramme a été réalisé il y a une vingtaine d'années, lorsque Dennis Gabor, un physicien de l'Imperial College of Science and Technology, a tenté de photographier le spectre d'interférence produit par la lumière réfléchie d'une lampe à vapeur de mercure. Il a réussi, mais son système ne semblait pas très pratique parce que le faisceau produit par la vapeur de mercure n'avait pas l'intensité ni la cohérence — les ondes lumineuses n'étaient pas parfaitement en phase — nécessaires pour produire de bons spectres d'interférence.

L'invention du laser, qui produit un faisceau puissant et très cohérent, a ouvert la voie à une exploration intensive des possibilités fascinantes de la photographie. Aujourd'hui, de nombreux laboratoires mettent au point des applications étonnantes de ce principe.

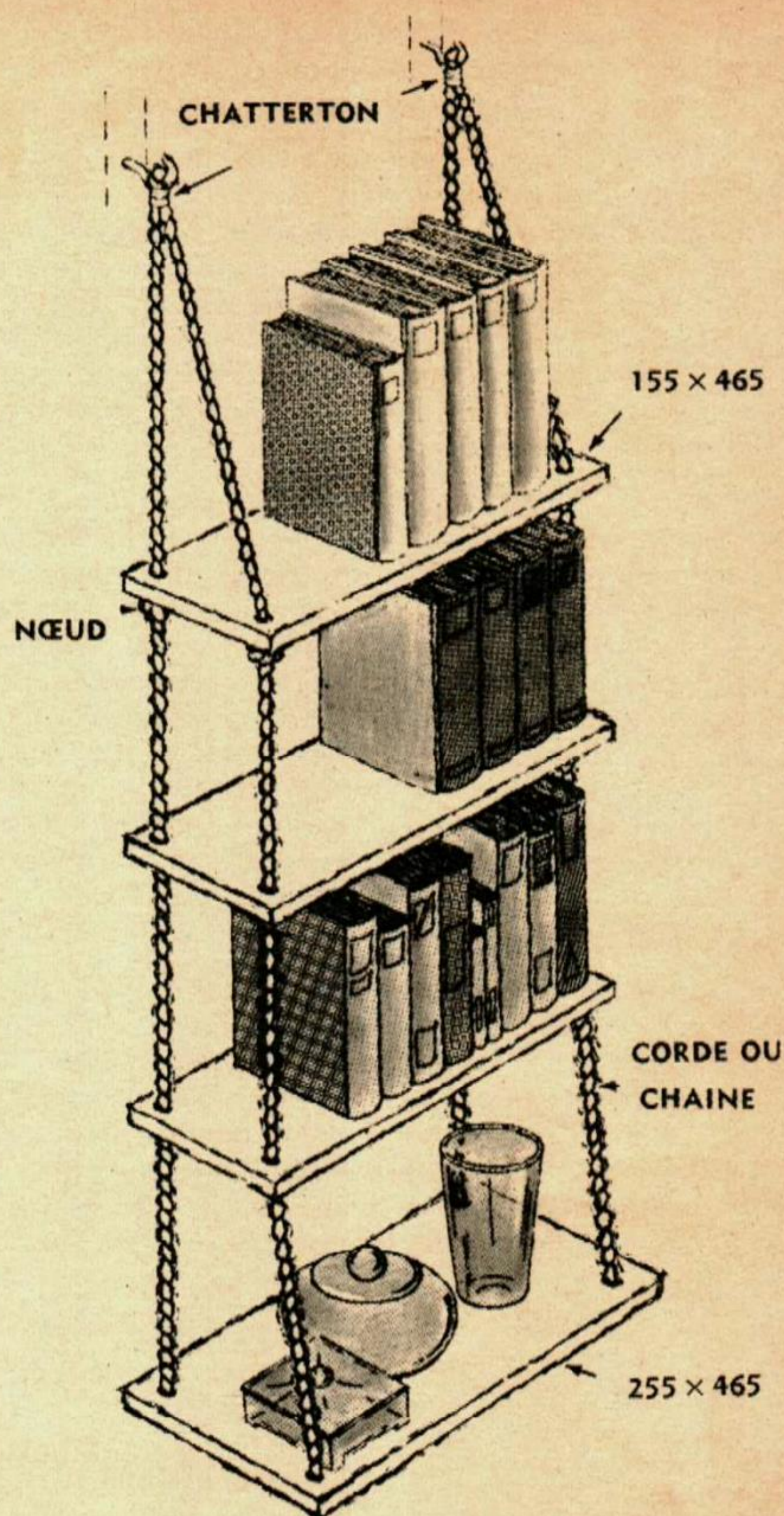
Des hologrammes en couleur ont été réalisés par les physiciens de la Bell Telephone, qui utilisent trois faisceaux de laser pour les trois couleurs primaires (rouge, bleu et jaune). Chaque couleur produit son propre schéma

(Suite page 125.)

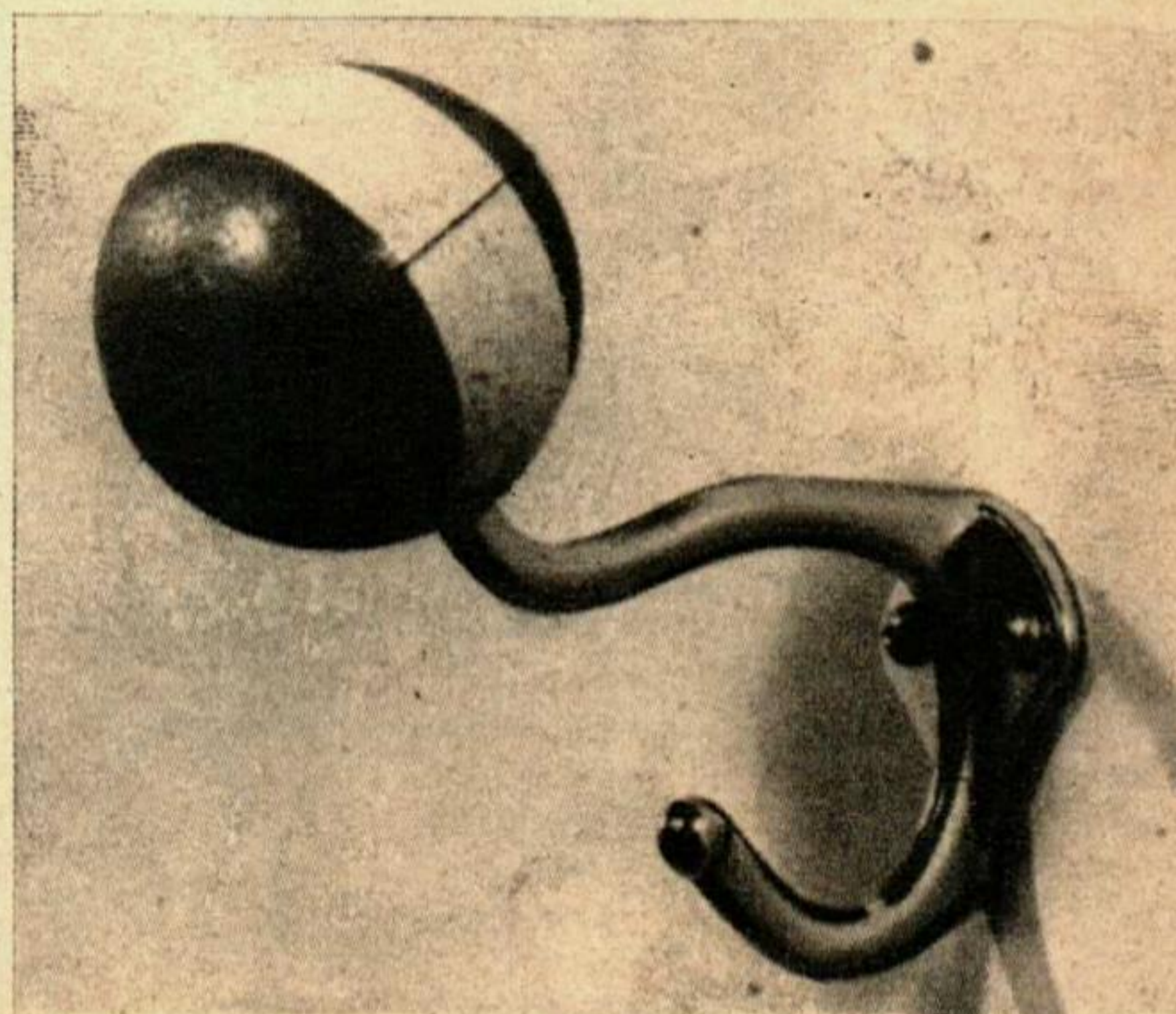
L'holographie : une image magique à trois dimensions formée dans le vide

(Suite de la page 61)

d'interférence caractéristique suivant la couleur du sujet. Lorsque l'hologramme est éclairé par ces trois mêmes faisceaux, les trois sché-



DES ETAGERES SUSPENDUES A LIVRES peuvent être réalisées avec des planches et des cordes fixées à des crochets vissés dans les montants du mur. Vous espacez les étagères en faisant des nœuds sur les cordes.



POUR NE PAS DEFORMER LES VETEMENTS suspendus sur le portemanteau, faire une fente sur une petite balle en caoutchouc mousse pour l'emmancher sur le crochet.

mas d'interférence produisent trois images parfaitement superposées pour créer une reproduction en couleur semblable au sujet original.

On a trouvé également un moyen de visionner les hologrammes dans la lumière blanche ordinaire, éliminant la coûteuse nécessité d'avoir un laser. L'inconvénient de la lumière ordinaire, c'est qu'elle est un mélange d'ondes de longueurs différentes déphasées les unes par rapport aux autres, tandis qu'un faisceau de laser est constitué d'ondes de même longueur parfaitement en phase.

Pour résoudre ce problème, le schéma d'interférence est enregistré sur la pellicule en couches successives dans toute l'épaisseur de l'émulsion au lieu de l'être sur la surface seulement. Quand on projette la lumière blanche à travers la pellicule développée, les couches successives arrêtent toutes les longueurs d'onde indésirables. Seules les ondes qui ont la même fréquence que le laser employé pour réaliser le schéma peuvent passer à travers. Ces ondes reproduisent l'image à trois dimensions exactement comme si un laser de même fréquence avait été employé.

Vous n'avez même pas besoin d'un objet concret pour faire un hologramme. Comme l'image est constituée simplement avec un schéma, on peut créer artificiellement un tel schéma sans avoir besoin d'aucun objet. En utilisant un ordinateur, des chercheurs de la General Motors ont déjà réussi à constituer des schémas d'interférence pour des formes

simples comme un carré ou des lettres de l'alphabet. Lorsque l'hologramme ainsi obtenu est projeté, les formes apparaissent comme si elles avaient vraiment existé, alors qu'elles n'ont jamais existé. En utilisant cette technique, on pourrait peut-être un jour voir l'apparence des constructions complexes bien avant de les construire.

L'application la plus étrange qui ait été trouvée jusqu'à présent est peut-être la réalisation d'hologrammes constitués de sons au lieu de lumière. Cela a été réussi par des physiciens de Bendix utilisant deux générateurs d'ultrasons placés dans l'eau. Un générateur dirige ses ultrasons sur un objet placé dans l'eau tandis que l'autre générateur est braqué directement sur la surface de l'eau. Les ondes réfléchies rejoignent les ondes directes à la surface et interfèrent avec elles, produisant un schéma d'interférence sous forme de milliers d'ondulations minuscules de la surface. Lorsque la surface est éclairée par un faisceau de laser, les ondulations forment une image 3 D de l'objet, exactement comme un hologramme réalisé avec la lumière.

Le grand avantage des hologrammes acoustiques, c'est qu'ils permettent de prendre des vues de choses qu'on ne peut voir et de choses qui ne sont pas visibles aux rayons X. On espère que, d'ici peu, les médecins pourront examiner des images 3 D de votre foie ou de votre cœur sans aucune opération chirurgicale. On peut dire que, dans le monde fantastique de l'holographie, on a commencé seulement à gratter la surface.