

L'épopée de L'HOLOGRAPHIE

Sean F. Johnston

Autrefois emblématique du futurisme, l'holographie n'exerce plus la même fascination aujourd'hui. Pourtant, elle a envahi notre vie quotidienne et suscite des recherches actives.

Il y a une trentaine d'années, les expositions d'hologrammes attiraient des centaines de milliers de visiteurs dans les grandes villes du monde entier. Le public découvrait avec émerveillement des images tridimensionnelles au réalisme étonnant. On célébrait l'holographie – et on la célèbre toujours – au travers de la science-fiction. Les entrepreneurs lui prédisaient des applications dans les domaines de l'art, de la photographie et de la télévision.

Aujourd'hui, l'holographie s'est muée en une technique fertile, occupant une place importante dans la science moderne et dans notre quotidien : elle est par exemple utilisée dans les icônes de cartes de crédit. Mais en se généralisant, elle a perdu une partie de son pouvoir de séduction. Autrefois emblème du futurisme, elle peut sembler dépassée à l'heure de la télévision en trois dimensions – bien que celle-ci n'offre pas une aussi bonne possibilité de voir l'image sous différents points de vue. En outre, d'autres techniques de création d'images en relief lui sont rattachées à tort, ce qui entretient une certaine confusion sur sa nature et ses possibilités exactes. Nous verrons que toutes ces techniques sont fondées sur des principes distincts.

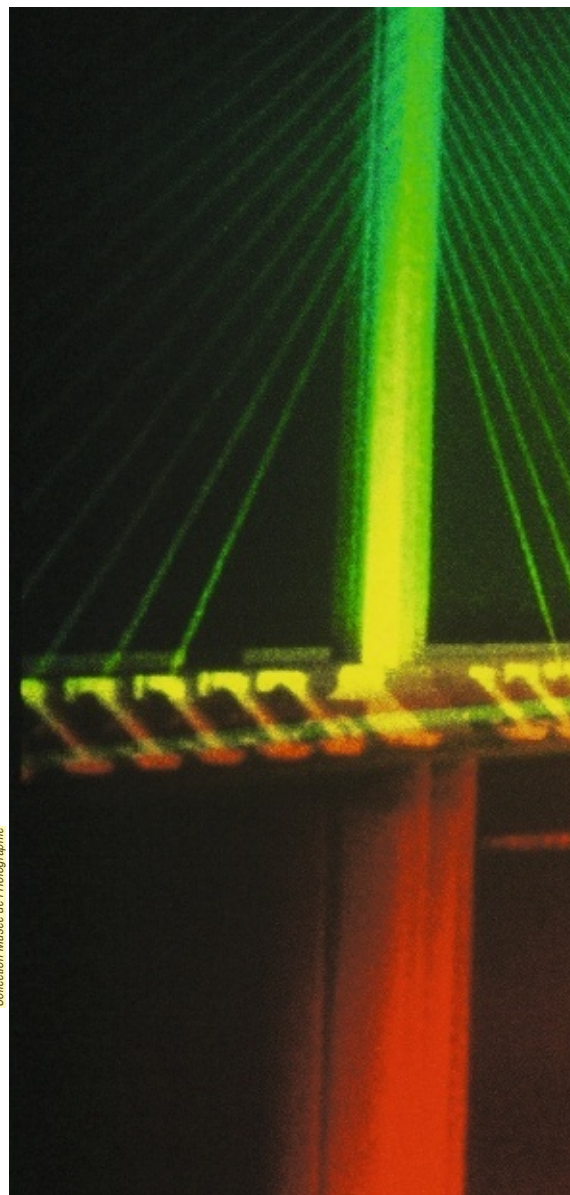
L'histoire de l'holographie, au croisement de disciplines aussi différentes que l'art et l'électronique, illustre l'une des plus grandes réussites scientifiques et techni-

ques des deux dernières générations. Elle met aussi en évidence les déceptions liées à une vision trop optimiste du progrès. Enfin, elle renseigne sur les facteurs culturels qui influent sur les avancées scientifiques et le changement technologique. Entrons donc dans cette histoire.

L'optique revisitée

À la fin de la Seconde Guerre mondiale, l'optique est devenue un domaine de l'ingénierie sophistiqué, mais routinier. L'optique géométrique, utilisée pour la conception de nombreux dispositifs, est au cœur d'industries importantes, qui ont profité des demandes liées à la guerre (jumelles, viseurs de fusils, périscopes...). Cependant, assez peu de physiciens sont attirés par ce domaine, car il met trop l'accent sur la science appliquée. Son homologue plus « noble », l'optique physique (qui s'intéresse aux phénomènes ondulatoires, tels que les interférences et la diffraction), est devenu un sujet de recherche majeur à la fin du XIX^e siècle, mais il s'est essouffé par la suite et n'a débouché que sur quelques applications pratiques.

Au moins deux de ces dernières partagent certaines caractéristiques techniques avec l'holographie – bien que ses découvreurs ne s'en soient pas directement inspirés. La première exploite un concept



Collection Musée de l'Holographie

ingénieurs de photographie en couleur inventé par le physicien français d'origine luxembourgeoise Gabriel Lippmann dans les années 1890, et qui lui a valu le prix Nobel en 1908. Sa technique utilise une émulsion photographique déposée sur une surface réfléchissante pour enregistrer les différentes composantes fréquentielles – et donc les différentes couleurs – de la lumière. Celles-ci forment des ondes dites stationnaires au sein de l'émulsion : les ondes lumineuses incidentes et réfléchies se combinent pour faire vibrer sur place le champ électromagnétique, ce qui produit des maxima d'intensité à des profondeurs fixes. Des motifs se dessinent alors dans l'émulsion à des profondeurs qui dépendent de la longueur d'onde, c'est-à-dire de la couleur (voir la figure 2). Lorsque la plaque photographique est développée et éclairée par de la lumière blanche, ces motifs sombres réfléchissent et renforcent sélectivement la composante fréquentielle à laquelle ils sont associés ; au final, la couleur de l'image est restituée.

La seconde application partageant certaines caractéristiques avec l'holographie est la microscopie à contraste de phase, qui permet d'observer des échantillons transparents, et qui a valu à son créateur, le physicien néerlandais Frederik Zernike, le prix Nobel en 1953. Elle est fondée sur le ralentissement des ondes lumineuses qui traversent l'échantillon avant d'atteindre le microscope ; un décalage de phase en résulte, modifiant la position du pic de l'onde. En comparant le faisceau de lumière transmise à un faisceau de référence – plus précisément, en les faisant interférer –, on reconstitue les caractéristiques de l'échantillon.

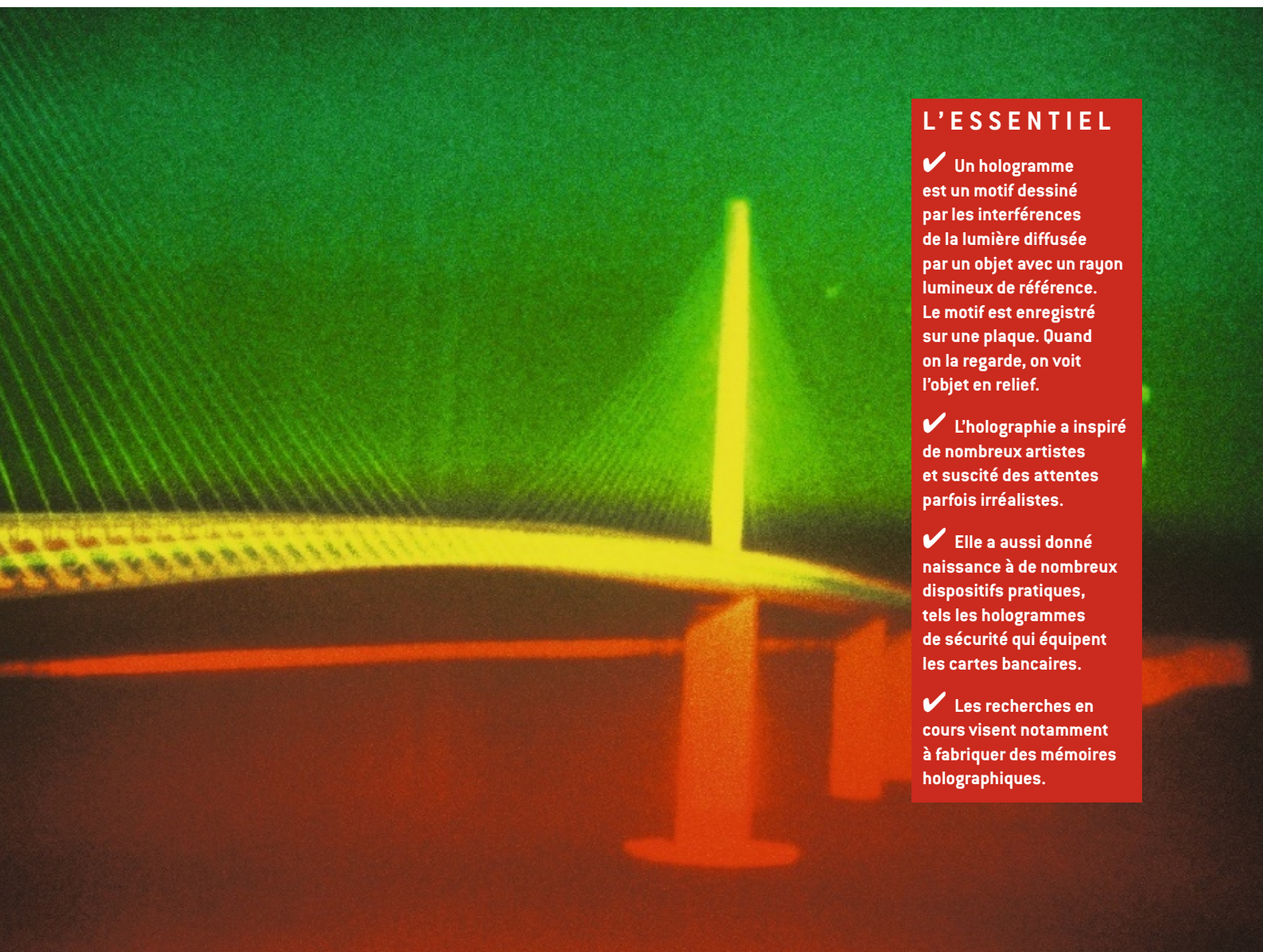
Aucune de ces techniques n'a beaucoup fait parler d'elle. Celle de Lippmann est assez lente et minutieuse à utiliser, pour des résultats frustrants (le contraste de l'image est mauvais si l'éclairage n'est pas réglé de façon très précise). Celle de Zernike reste un outil de spécialistes, surtout mis en œuvre par les biologistes et les géologues. Ni l'une ni l'autre ne semblent exploitables à grande

échelle. Dans son discours de réception du prix Nobel, Zernike a écrit :

« Rétrospectivement, je suis impressionné par les grandes limitations de l'esprit humain. Comme nous sommes rapides pour apprendre, c'est-à-dire imiter ce que d'autres ont fait ou pensé avant nous ! Et comme nous sommes lents pour comprendre, c'est-à-dire voir les connexions plus profondes ! Mais là où nous sommes les plus lents, c'est pour inventer de nouvelles connexions, ou même appliquer de vieilles idées à un domaine nouveau. »

Comme ces deux techniques, l'holographie est fondée sur la manipulation des ondes et des interférences. Trois dispositifs précurseurs ont été élaborés de façon indépendante. Le premier est conçu

1. L'HOLOGRAMME DU PONT DE TAMPA, en Floride, est enregistré sur une plaque de 1 mètre sur 1,50 mètre, et a une profondeur apparente de 8 mètres. La réalisation de telles œuvres, destinées notamment à des expositions, a été permise par une vague d'innovations dans les années 1970.



L'ESSENTIEL

✓ Un hologramme est un motif dessiné par les interférences de la lumière diffusée par un objet avec un rayon lumineux de référence. Le motif est enregistré sur une plaque. Quand on la regarde, on voit l'objet en relief.

✓ L'holographie a inspiré de nombreux artistes et suscité des attentes parfois irréalistes.

✓ Elle a aussi donné naissance à de nombreux dispositifs pratiques, tels les hologrammes de sécurité qui équipent les cartes bancaires.

✓ Les recherches en cours visent notamment à fabriquer des mémoires holographiques.